



(10) **DE 10 2013 223 245 A1** 2014.05.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 223 245.4**

(22) Anmeldetag: **14.11.2013**

(43) Offenlegungstag: **22.05.2014**

(51) Int Cl.: **F02B 37/18 (2006.01)**

**F02M 35/10 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**13/679,700**      **16.11.2012**      **US**

(74) Vertreter:  
**Dörfler, Thomas, Dr.-Ing., 50735, Köln, DE**

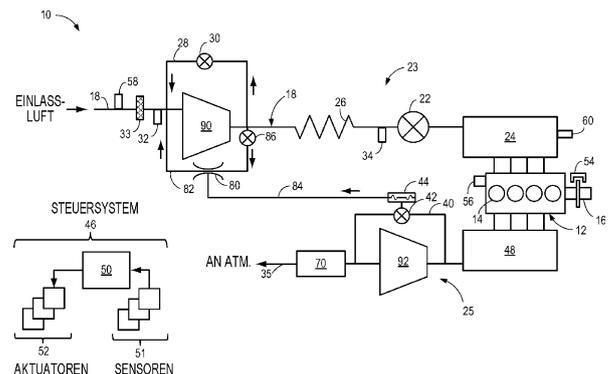
(71) Anmelder:  
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,  
US**

(72) Erfinder:  
**Ulrey, Joseph Norman, Dearborn, Mich., US;  
Pursifull, Ross Dykstra, Dearborn, Mich., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **UNTERDRUCKBETÄTIGTES WASTEGATE**

(57) Zusammenfassung: Es werden Ausführungsformen zur Unterdruckerzeugung bereitgestellt. In einem Beispiel umfasst ein Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine angetriebenen Verdichter enthält, Erzeugen von Unterdruck über einen Abgasstrom durch einen Ejektor und Anlegen von Unterdruck von dem Ejektor an einen Wastegate-Aktuator. Auf diese Weise kann über Hochdruckabgas aus aufgeladenem Motorbetrieb erzeugter Unterdruck zur Betätigung des Wastegate-Ventils verwendet werden.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft einen Verbrennungsmotor.

**[0002]** Turbolader können Motordrehmoment/-leistungsdichte verbessern. Ein Turbolader kann einen Verdichter und eine Turbine, die durch eine Antriebswelle verbunden sind, enthalten, wobei die Turbine mit der Auslasskrümmerseite gekoppelt ist und der Verdichter mit der Einlasskrümmerseite gekoppelt ist. Auf diese Weise führt die abgasgetriebene Turbine dem Verdichter Energie zu, um den Druck im Einlasskrümmer (zum Beispiel Aufladung oder Aufladendruck) zu erhöhen und den Luftstrom in den Motor zu erhöhen. Die Aufladung kann durch Einstellung der die Turbine erreichenden Gasmenge, zum Beispiel mit einem Wastegate, gesteuert werden.

**[0003]** Wastegates können pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch betätigt werden. In einem Beispiel kann ein Wastegate über durch den Turbolader erzeugten Aufladendruck betätigt werden. Es kann jedoch vorteilhaft sein, das Wastegate unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung zu öffnen, um Pumpverluste zu reduzieren und die Kraftstoffökonomie zu verbessern. Somit sind unterdruckbetätigte Wastegates entwickelt worden, um Wastegate-Steuerung unter Bedingungen geringer Aufladung zu gestatten. Obgleich unterdruckbetätigte Wastegates eine robuste Wastegate-Steuerung unter Bedingungen eines hohen Motorunterdrucks bereitstellen können, steht während Bedingungen höherer Aufladung zur Bereitstellung von Unterdruck zwecks Betätigung des Wastegates verwendeter Motoreinlasskrümmerunterdruck nicht zur Verfügung. Es kann eine getrennte Unterdruckpumpe vorgesehen sein, um den benötigten Unterdruck zuzuführen, wenn Motorunterdruck nicht zur Verfügung steht, wodurch Kraftstoff verschwendet wird.

**[0004]** Die Erfinder haben die Probleme bei dem obigen Ansatz erkannt und bieten ein Verfahren, um diesen zumindest teilweise zu begegnen. Bei einer Ausführungsform umfasst ein Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine angetriebenen Verdichter enthält, Erzeugen von Unterdruck über einen Abgasstrom durch einen Ejektor und Anlegen von Unterdruck von dem Ejektor an einen Wastegate-Aktuator.

**[0005]** Auf diese Weise kann der als Wastegate-Steuersignal wirkende Aufladendruck auch zur Betätigung des Wastegates verwendet werden. Ein im Abgasstrom (zum Beispiel dem Turbinen-Bypassstrom) positionierter Ejektor kann Unterdruck erzeugen, der zur dem Wastegate-Aktuator geleitet wird. Wenn zur Unterdruckerzeugung über den Ejektor übermäßige Aufladung zur Verfügung steht, wird das Wastegate geöffnet.

**[0006]** Des Weiteren kann in einigen Beispielen Unterdruck vom Einlasskrümmer auch zur Betätigung des Wastegates verwendet werden, zum Beispiel wenn der Aufladendruck niedrig ist. Durch Betätigung des Wastegates mit dem Unterdruck erzeugenden Ejektor unter einigen Bedingungen und mit dem Einlasskrümmerunterdruck unter anderen Bedingungen kann eine vollwirksame Wastegate-Steuerung bereitgestellt werden, wodurch Kraftstoffökonomie erhöht wird. Dies steht im Gegensatz zu vorherigen Systemen, bei denen in einem druckbetätigten Wastegate Druck nur bei Aufladungsbetrieb zur Verfügung steht und bei einem typischen unterdruckbetätigten Wastegate Unterdruck nur unter Nichtaufladungsbetrieb zur Verfügung steht.

**[0007]** Die obigen Vorteile und weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Beschreibung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung, alleine betrachtet oder in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, leicht hervor.

**[0008]** Es versteht sich, dass die obige Kurzdarstellung dazu vorgesehen ist, in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten vorzustellen, die in der ausführlichen Beschreibung näher beschrieben werden. Sie soll keine Schlüssel- oder wesentlichen Merkmale des beanspruchten Erfindungsgegenstands aufzeigen, dessen Schutzbereich einzig durch die der ausführlichen Beschreibung folgenden Ansprüche definiert wird. Des Weiteren ist der beanspruchte Erfindungsgegenstand nicht auf Implementierungen beschränkt, die irgendwelche oben oder in irgendeinem anderen Teil dieser Offenbarung angeführten Nachteile lösen.

**[0009]** Fig. 1 zeigt ein Schemadiagramm eines Motors der einen Ejektor enthält, der einem Wastegate-Aktuator Unterdruck zuführt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

**[0010]** Fig. 2 zeigt den Motor von Fig. 1 mit zusätzlichen Wastegate-Betätigungsmechanismen.

**[0011]** Fig. 3 zeigt ein Schemadiagramm eines Motors, der einen Ejektor enthält, der einem Wastegate-Aktuator Unterdruck zuführt, gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

**[0012]** Fig. 4 zeigt den Motor von Fig. 3 mit zusätzlichen Wastegate-Betätigungsmechanismen.

**[0013]** Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Erzeugung von Unterdruck gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

**[0014]** Fig. 6 und Fig. 7 sind Schemadiagramme mit durch einen einzigen Aktuator bereitgestellter Doppel-ejektor-Treibstromsteuerung gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung.

**[0015]** Fig. 8 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Steuerung von Treibstrom durch mehrere Ejektoren mit einem Aktuator gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

**[0016]** Fig. 9 und Fig. 10 zeigen verschiedene Motorbetriebsparameter mit koordinierter Steuerung der Doppelejektor-Antriebssteuerung mit dem einzigen Aktuator.

**[0017]** Wastegates können Aufladungssteuerung durch Umleiten von Abgas um eine Turbine bereitstellen. Zur Bereitstellung von Wastegate-Betätigung unter den verschiedensten Motorbedingungen kann auch der als Wastegate-Steuersignal wirkende Aufladedruck zur Erzeugung von Unterdruck zur Betätigung des Wastegates verwendet werden. Ein entweder im Verdichter- oder Turbinen-Bypassstrom positionierter Ejektor kann Unterdruck erzeugen, der zum Wastegate-Aktuator geleitet wird. Als Alternative dazu kann der Ejektor zwischen anderen geeigneten Druckdifferenzen im Auslasskanal, in der Luftleitung oder einer Kombination aus beiden platziert werden. Wenn zur Unterdruckerzeugung über den Ejektor übermäßige Aufladung zur Verfügung steht, wird das Wastegate geöffnet. Zur Bereitstellung einer variablen Aufladungsgrenze kann ein Lüftungsventil vorgesehen sein, um einen Teil des Unterdrucks oder den gesamten Unterdruck von dem Aktuator wegzuleiten. Zur Betätigung des Wastegates unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung kann dem Wastegate ferner ein Einlasskrümmerunterdruck zugeführt werden, der direkt von dem Einlasskrümmer zugeführt wird oder von einem über die Drossel gekoppelten Ejektor erzeugt wird. Auf diese Weise kann das Wastegate unter Bedingungen sowohl hoher als auch geringer Aufladung unterdruckbetätigt sein.

**[0018]** Fig. 1 und Fig. 2 sind Motordiagramme, die die Wastegate-Betätigung mit von einem über einen Verdichter gekoppelten Aufladeejektor erzeugten Unterdruck darstellen. Fig. 3 und Fig. 4 sind Motordiagramme, die die Wastegate-Betätigung mit von einem über eine Turbine gekoppelten Aufladeejektor erzeugten Unterdruck darstellen. Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Erzeugung von Unterdruck mit dem in Fig. 2 oder Fig. 4 dargestellten System darstellt.

**[0019]** Zur Bereitstellung einer effizienten Steuerung der Unterdruckerzeugung kann der Treibstrom des Aufladeejektors (zum Beispiel bei über den Verdichter oder die Turbine gekoppeltem Ejektor) durch ein Treibstromsteuerventil unter Zusammenwirkung mit einem Treibstromsteuerventil, das den Treibstrom des Drosselejektor steuert, gesteuert werden. Die beiden Treibstromsteuerventile können durch einen einzigen Aktuator betätigt werden. Des Weiteren kann das den über den Verdichter gekoppelten Ejektor steuernde Treibstromsteuerventil unter eini-

gen Bedingungen als ein Pumpreservenventil wirken, wodurch das Verdichterbypassventil verkleinert wird und eine Reduzierung von Verdichterpumpen unterstützt wird.

**[0020]** Fig. 6 und Fig. 7 sind Motordiagramme, die die Steuerung von zwei Ejektoren durch einen einzigen Aktuator darstellen. Fig. 8 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Erzeugung von Unterdruck mit dem in den Fig. 6 und Fig. 7 gezeigten System darstellt. Fig. 9 und Fig. 10 stellen verschiedene Motorbetriebsparameter bei Unterdruckerzeugung mit den beiden durch einen einzigen Aktuator gesteuerten Ejektoren dar.

**[0021]** Fig. 1 zeigt ein beispielhaftes Motorsystem 10, das einen Motor 12 enthält. In dem vorliegenden Beispiel handelt es sich bei dem Motor 12 um einen Fremdzündungsmotor eines Fahrzeugs, wobei der Motor mehrere Zylinder 14 enthält, wobei jeder Zylinder einen Kolben enthält. Verbrennungseignisse in jedem Zylinder 14 treiben die Kolben an, die wiederum eine Kurbelwelle 16 drehen, wie dem Fachmann wohlbekannt ist. Des Weiteren kann der Motor 12 mehrere Motorventile enthalten, wobei die Ventile mit den Zylindern 14 gekoppelt sind und den Einlass und Auslass von Gasen in den mehreren Zylindern 14 steuern.

**[0022]** Motor 12 enthält einen Motoreinlass 23 und einen Motorauslass 25. Der Motoreinlass 23 enthält eine Lufteinlassdrossel 22, die mit einem Motoreinlasskrümmer 24 entlang einem Einlasskanal 18 strömungsgekoppelt ist. Luft kann von einem Lufteinlasssystem (AIS – air intake system), das einen mit der Umgebung des Fahrzeugs in Verbindung stehenden Luftfilter 33 enthält, in den Einlasskanal 18 eintreten. Eine Stellung der Drossel 22 kann durch eine Steuerung 50 über ein einem Elektromotor oder Aktuator, der mit der Drossel 22 enthalten ist – eine Konfiguration, die gemeinhin als elektronische Drosselklappensteuerung (ETC – electronic throttle control) bezeichnet wird – zugeführtes Signal geändert werden. Auf diese Weise kann die Drossel 22 dazu betätigt werden, die dem Einlasskrümmer und den mehreren Zylindern 14 zugeführte Einlassluft zu ändern. Der Einlass 23 kann einen Luftmassensensor 58 (im Einlasskanal 18) und einen Einlasskrümmerdrucksensor 60 (im Einlasskrümmer 24) zur Zuführung jeweiliger Signale MAF und MAP zur Steuerung 50 enthalten.

**[0023]** Der Motorauslass 25 enthält einen Auslasskrümmer 48, der zu einem Auslasskanal 35 führt, welcher Abgas an die Atmosphäre leitet. Der Motorauslass 25 kann eine oder mehrere Abgasreinigungsvorrichtungen 70 enthalten, die in einer motornahen Position angebracht sind. Die eine oder mehreren Abgasreinigungsvorrichtungen können einen Dreiwegekatalysator, einen NOx-Speicherkatalysator, einen Dieselpartikelfilter, einen Oxidationska-

talysator usw. enthalten. Es versteht sich, dass andere Komponenten in dem Motor enthalten sein können, wie zum Beispiel die verschiedensten Ventile und Sensoren, wie hier weiter ausgeführt werden wird.

**[0024]** Bei einigen Ausführungsformen handelt es sich bei dem Motorsystem **10** um ein aufgeladenes Motorsystem, bei dem das Motorsystem weiterhin eine Aufladungsvorrichtung enthält. In dem vorliegenden Beispiel enthält der Einlasskanal **18** einen Verdichter **90** zum Aufladen einer Einlassluftladung, die entlang dem Einlasskanal **18** empfangen wird. Ein Ladeluftkühler **26** (oder Zwischenkühler) ist stromabwärts des Verdichters **90** gekoppelt, um die aufgeladene Luftladung vor Zufuhr zum Einlasskrümmer zu kühlen. Bei Ausführungsformen, bei denen die Aufladevorrichtung ein Turbolader ist, kann der Verdichter **90** mit einer Turbine **92** im Motorauslass **25** des Motorsystems **10** gekoppelt sein und durch diese angetrieben werden. Weiterhin kann der Verdichter **90** zumindest teilweise durch einen Elektromotor oder eine Kurbelwelle **16** angetrieben werden.

**[0025]** Ein optionaler Bypass-Kanal **28** kann über den Verdichter **90** gekoppelt sein, um mindestens einen Teil der durch den Verdichter **90** verdichteten Einlassluft stromaufwärts des Verdichters zurück umzuleiten. Eine durch den Bypass-Kanal **28** umgeleitete Luftmenge kann durch Öffnen des Verdichterbypassventils (CBV – compressor bypass valve) **30**, das im Bypass-Kanal **28** positioniert ist, gesteuert werden. Durch Steuern des CBV **30** und Ändern einer durch den Bypass-Kanal **28** umgeleiteten Luftmenge kann ein stromabwärts des Verdichters bereitgestellter Aufladedruck geregelt werden. Dies ermöglicht Aufladungssteuerung und Pumpsteuerung.

**[0026]** Ebenso kann ein optionaler Bypass-Kanal **40** über die Turbine **92** gekoppelt sein, um mindestens einen Teil des Abgases um die Turbine **92** herum zu leiten, wodurch die Turbinendrehzahl und somit der durch den Motor bereitgestellte Aufladedruck gesteuert werden. Die um die Turbine **92** herum geleitete Abgasmenge kann durch Öffnen eines im Bypass-Kanal **40** positionierten Wastegates **20** gesteuert werden. Das Wastegate **42** kann über einen Wastegate-Aktuator **44** bewegt werden, bei dem es sich um einen Solenoid-Aktuator, einen hydraulischen Aktuator oder in dem gezeigten Beispiel einen unterdruckbetriebenen Aktuator handeln kann.

**[0027]** Zur Erzeugung von Unterdruck zum Antrieb des Wastegate-Aktuators **44** kann der Ejektor **80** in dem Verdichter-Bypassstrom positioniert sein. Wie gezeigt, ist der Ejektor **80** in einem getrennten Bypass-Kanal **82** um den Verdichter **90** herum parallel zum Bypass-Kanal **28** positioniert. Bei einigen Ausführungsformen kann der Ejektor **80** jedoch im Bypass-Kanal **28** positioniert sein. Hochdruckeinlassluft vom Auslass des Verdichters kann durch den Ejek-

tor **80** strömen (Luftstrom durch die Kanäle und Leitungen von **Fig. 1** werden durch Pfeile allgemein gezeigt) und zum Niederdruckbereich des Verdichtereinlasses zurück strömen. Durch den Ejektor **80** erzeugter Unterdruck kann über den Kanal **84** zum Wastegate-Aktuator **44** geleitet werden.

**[0028]** Der Ejektor **80** kann ein Ejektor, ein Injektor, eine Saugvorrichtung, ein Eduktor, ein Venturi, eine Strahlpumpe oder eine ähnliche passive Vorrichtung sein. Der Ejektor **80** kann einen stromaufwärtigen Treibstromeinlass, über den Luft in den Ejektor eintritt, einen Hals oder einen Mitnahmeeinlass, der über den Kanal **84** mit dem Wastegate-Aktuator **44** strömungsgekoppelt ist, und einen Mischstromauslass, über den Luft, die den Ejektor **80** durchströmt hat, austreten und zu einer Niederdrucksenke, wie zum Beispiel dem Einlasskanal **18** stromaufwärts des Verdichters **90**, geleitet werden kann (sie kann zum Beispiel zum Einlass des Verdichters **90** geleitet werden). Den Treibeinlass durchströmende Luft kann im Ejektor **80** einen Niederdruck erzeugen, wodurch ein dem Hals (oder dem Mitnahmeeinlass) übermittelter Niederdruck erzeugt wird und am Hals Unterdruck gezogen wird. Der Unterdruck am Hals des Ejektors zieht Luft aus dem Kanal **84** an, wodurch dem Wastegate-Aktuator **44** Unterdruck zugeführt wird. Zur Steuerung des Luftstroms durch den Ejektor **80** kann ein optionales Treibstromsteuerventil **86** stromaufwärts, stromabwärts oder strommittig des Ejektortreibstroms im Bypass-Kanal **82** positioniert sein. Darüber hinaus kann ein optionales Rückschlagventil gestatten, dass der Wastegate-Aktuator **44** einen beliebigen Teil seines Unterdrucks beibehält, sollten sich die Drücke im Treibeinlass des Ejektors und Unterdruckaktuator ausgleichen. Solch ein Rückschlagventil kann weitere Lüftungsventile verwenden, um ein dauerhaftes Öffnen des Wastegates zu verhindern. In dem vorliegenden Beispiel ist der Ejektor eine Dreikanalvorrichtung, die einen Treibeinlass, einen Mischstromauslass und einen Hals/Mitnahmeeinlass enthält. Bei anderen Ausführungsformen des Ejektors kann jedoch ein Rückschlagventil im Ejektor integriert sein.

**[0029]** Das Motorsystem **10** kann auch ein Steuersystem **46** enthalten, das eine Steuerung **50**, Sensoren **51** und Aktuatoren **52** enthält. Beispielhafte Sensoren umfassen den Motordrehzahlsensor **54**, den Motorkühlmitteltemperatursensor **56**, den Luftmassensensor **58**, den Krümmerluftdrucksensor **60**, den Verdichtereinlassdrucksensor **32** und den Drossel einlassdrucksensor **34**. Beispielhafte Aktuatoren umfassen das CBV **30**, das Ejektortreibstromsteuerventil **86**, die Drossel **22** und Motorventile, Kraftstoffeinspritzventile und andere Komponenten, die in **Fig. 1** nicht dargestellt sind. Die Steuerung **50** kann ferner einen physischen Speicher mit Anweisungen, Programmen und/oder Code zum Betrieb des Motors enthalten. Durch die Steuerung **50** ausgeführte bei-

spielhafte Routinen werden in den **Fig. 5** und **Fig. 8** gezeigt.

**[0030]** Somit stellt das System von **Fig. 1** ein unterdruckbetätigtes Wastegate-Ventil zur Steuerung von Aufladedruck durch Einstellung der eine Turboladerturbine umgehenden Abgasmenge bereit. Der Wastegate-Aktuator kann Unterdruck erhalten, der durch Leiten von Luft durch einen über einen Verdichter der Turbine gekoppelten Ejektor erzeugt wird. Auf diese Weise kann das Wastegate-Ventil basierend auf der bereitgestellten Aufladehöhe (zum Beispiel der Luftmenge, die um den Verdichter herum und durch den Ejektor geleitet wird) geöffnet werden, da die dem Wastegate-Aktuator zugeführte Unterdruckhöhe mit Zunahme des Drosseleinlassdrucks (zum Beispiel der Aufladung) zunimmt. Es kann jedoch eine zusätzliche Steuerung des Wastegate-Aktuators erwünscht sein. Es kann zum Beispiel erwünscht sein, das Wastegate-Ventil unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung zu öffnen, um die Kraftstoffökonomie zu erhöhen. Darüber hinaus kann es erwünscht sein, die Aufladedruckhöhe mit dem Wastegate-Aktuator aktiv zu steuern, indem Unterdruck gezielt dem Wastegate-Aktuator zugeführt wird. **Fig. 2** zeigt ein Motorsystem **200**, das die Merkmale von **Fig. 1** plus zusätzliche, optionale Komponenten zur Bereitstellung von Aufladungssteuerung und Wastegate-Betätigung unter Bedingungen geringer Aufladung enthält.

**[0031]** Das Motorsystem **200** enthält ähnliche Merkmale wie das Motorsystem **10**, einschließlich des Motors **12**, des Verdichters **90**, der Turbine **92**, des Ejektors **80**, der dem Wastegate-Aktuator **44** Unterdruck zuführt, und anderer zuvor beschriebener Komponenten. Der Kanal **84**, der dem Wastegate-Aktuator **44** Unterdruck vom Ejektor zuführt, wird in **Fig. 2** als sich über die gesamte Länge vom Ejektor **80** bis zum Aktuator **44** erstreckend gezeigt. Zur Bereitstellung von aktiver Aufladungssteuerung über Betätigung des Wastegates **42** kann eine Lüftungsleitung **202** vorgesehen sein, um den Kanal **84** stromaufwärts des Verdichters **90** mit dem Einlasskanal **18** zu koppeln. Es kann ein Lüftungsventil **204** in der Lüftungsleitung **202** oder am Schnittpunkt der Lüftungsleitung **202** mit dem Kanal **84** positioniert sein. Das Lüftungsventil **204** kann durch die Steuerung **50** dahingehend gesteuert werden, die dem Wastegate-Aktuator **44** zugeführte Unterdruckhöhe einzustellen, wobei überschüssiger Unterdruck über die Lüftungsleitung **202** zum Einlass zurück geleitet wird. Somit kann durch Steuerung des Lüftungsventils **204** aktive Aufladedrucksteuerung bereitgestellt werden.

**[0032]** Zum Öffnen des Wastegates **42** unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung (zum Beispiel wenn kein ausreichender Unterdruck über den Ejektor **80** erzeugt wird), kann Unterdruck vom Einlasskanal oder Einlasskrümmer **24** zum Wastegate-Aktuator **44** geleitet werden. Zur Bereitstellung von

Einlasskrümmerunterdruck kann ein zweiter Ejektor **206** über die Drossel **22** gekoppelt sein. Der zweite Ejektor **206** kann Unterdruck aus Einlasslufttreibstrom von stromaufwärts der Drossel zu stromabwärts der Drossel erzeugen. Der durch den zweiten Ejektor **206** erzeugte Unterdruck kann zum Kanal **84** und/oder durch das Lüftungsventil **204** geleitet werden. Steuerung des Stroms durch den zweiten Ejektor **206** kann durch das Ejektortreibstromsteuerventil **208** bereitgestellt werden, das entweder stromaufwärts oder stromabwärts des zweiten Ejektors **206** positioniert sein kann.

**[0033]** Der Wastegate-Aktuator kann entweder durch das Treibstromventil (zum Beispiel **86**, **208**) oder von dem Lüftungsventil **204**, das entweder Unterdruck anlegt oder Unterdruck entlüftet, gesteuert werden.

**[0034]** Ein Unterdruckspeicher **210** kann sowohl mit dem Ejektor **80** und dem zweiten Ejektor **206** als auch dem Wastegate-Aktuator **44** strömungsgekoppelt sein. Wie in **Fig. 2** gezeigt, schneiden sich ein Kanal vom Speicher **210** sowie ein Kanal vom zweiten Ejektor **206** mit dem Kanal **84** und sind damit strömungsgekoppelt. Somit kann Unterdruck sowohl vom Speicher **210** als auch vom zweiten Ejektor **206** zum Wastegate-Aktuator **44** geleitet werden. Auf diese Weise kann Unterdruck im Speicher **210** gespeichert und an den Wastegate-Aktuator **44** angelegt werden, wenn der Druckabfall am Ejektor **80** und/oder zweiten Ejektor **206** nicht dazu ausreicht, die Stellung des Wastegates **42** zu steuern. Darüber hinaus können ein erstes Rückschlagventil **212** und ein zweites Rückschlagventil **214** eine Unterdruckentlastung vom Speicher **210** verhindern und/oder gewährleisten, dass Unterdruck nur vom Ejektor **80** oder zweiten Ejektor **206** zum Wastegate-Aktuator **44** und nicht in die andere Richtung strömt. Ähnlich wie in **Fig. 1** wird Luftstrom zu den verschiedenen Kanälen und Durchgängen des Motorsystems **200** durch die Pfeile von **Fig. 2** gezeigt.

**[0035]** Die in **Fig. 2** gezeigte Konfiguration ist nicht einschränkend, da andere Konfigurationen möglich sind. Zum Beispiel kann auf den Speicher **210** verzichtet werden. Ebenso kann auf den zweiten Ejektor **206** verzichtet werden, und Unterdruck vom Einlasskrümmer **24** kann dem Kanal **84** und dem Wastegate-Aktuator **44** über eine direkte Versorgungsleitung, die stromabwärts der Drossel **22** mit dem Einlasskanal **18** gekoppelt ist, zugeführt werden. Obgleich die **Fig. 1** und **Fig. 2** vom Ejektor im Verdichterstromweg erzeugten Unterdruck und/oder den zu einem Wastegate-Aktuator geleiteten Unterdruck vom Einlasskrümmer zeigen, können andere Unterdruckverbraucher den Unterdruck zusätzlich zu dem Wastegate-Aktuator oder als Alternative dazu empfangen. Zu beispielhaften Unterdruckverbrauchern gehören ein Bremskraftverstärker für das Fahrzeugbrems-

system, ein Ladungsbewegungssteuerungsventil, ein Kraftstoffdampfbehälter (zur Bereitstellung von Unterdruck zum Spülen von Kraftstoffdämpfen aus dem Behälter) und andere Unterdruckverbrauchsvorrichtungen.

**[0036]** Somit stellen die Systeme der **Fig. 1** und **Fig. 2** ein System für einen Motor bereit, das einen mit einer Turbine gekoppelten Verdichter; einen in einem Bypass-Weg des Verdichters positionierten Ejektor; ein durch einen Unterdruckaktuator betätigtes Wastegate-Ventil der Turbine; und einen den Ejektor mit dem Unterdruckaktuator koppelnden Unterdruckkanal umfasst. Das System kann eine Lüftungsleitung enthalten, die die Unterdruckleitung mit einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters koppelt. Ein Lüftungsventil kann in der Lüftungsleitung positioniert sein, und das System kann eine Steuerung enthalten, die Anweisungen zur Einstellung des Lüftungsventils basierend auf dem Sollaufladedruck enthält.

**[0037]** Das System kann einen zweiten Ejektor enthalten, der über eine Drossel positioniert ist und mit dem Unterdruckkanal strömungsgekoppelt ist. Ein Ventil kann im Bypass-Weg des Verdichters positioniert sein. In einem Beispiel des Systems kann eine Steuerung Anweisungen zum Öffnen des Ventils basierend auf Luftmasse und Verdichterdruckverhältnis enthalten. In einem anderen Beispiel kann die Steuerung Anweisungen zum Öffnen des Ventils basierend auf dem Sollaufladedruck enthalten. Ein Verdichterbypassventil kann parallel zum Ejektor positioniert sein.

**[0038]** **Fig. 3** zeigt eine andere Ausführungsform eines Systems zur Betätigung eines Wastegate-Ventils mit einem unterdruckbetriebenen Aktuator. Das in **Fig. 3** dargestellte System verwendet von einem Motorauslass erzeugten Unterdruck zur Steuerung eines Wastegate-Aktuators anstatt vom Verdichter-Bypassstrom erzeugten Unterdruck wie in den Systemen nach den **Fig. 1** und **Fig. 2**. **Fig. 3** zeigt ein Motorsystem **300**. Das Motorsystem **300** ähnelt insofern den Motorsystemen **10** und **200** als es einen Motor **12**, einen Verdichter **90**, eine Turbine **92**, ein Wastegate **42** und einen Wastegate-Aktuator **44** sowie andere zuvor beschriebene Komponenten enthält. Bei dem Motorsystem **300** wird dem Wastegate-Aktuator **44** Unterdruck durch einen in einem Abgasstromweg positionierten Ejektor **302** zugeführt. Wie gezeigt, ist der Ejektor **302** in einem Bypass-Kanal **304** positioniert, der parallel zum Bypass-Kanal **40** verläuft. Der Ejektor **302** kann jedoch bei einigen Ausführungsformen im Bypass-Kanal **40** positioniert sein. Somit empfängt der Ejektor **302** vom Motor **12** strömendes Abgas und gibt das Abgas an den Auslasskanal **35** stromabwärts der Turbine **92** ab. Der durch den Ejektor **302** erzeugte Unterdruck wird über den Kanal **306** zum Wastegate-Aktuator **44** geleitet. Mit zunehmendem Abgasstrom vom Motor, wodurch die Turbinen-

drehzahl und somit der Aufladedruck zunimmt, nimmt somit auch die durch den Ejektor **302** dem Wastegate-Aktuator **44** zugeführte Unterdruckhöhe zu.

**[0039]** Auf diese Weise kann Abgasdruck als Betätigungsdruck verwendet werden, ohne den Wastegate-Aktuator im Abgasstromweg, wo er starker Hitze ausgesetzt wäre und somit die Membran und/oder der Druckluftschlauch des Aktuators beeinträchtigt werden würden, zu platzieren. Bei der in **Fig. 3** dargestellten Konfiguration stellt der Aufladedruck sowohl das Signal zum Öffnen des Wastegates sowie den Mechanismus zur Erzeugung des Unterdrucks zum Öffnen des Wastegates bereit.

**[0040]** Obgleich der Ejektor in der Darstellung von **Fig. 3** über die Turbine gekoppelt ist, wobei der Turbineneinlass als Hochdruckquelle für den Ejektor wirkt und der Turbinenauslass als Niederdrucksenke wirkt, sind auch andere Konfigurationen möglich. Zum Beispiel kann der Ejektor Hochdruckluft vom Turbineneinlass empfangen und Luft an den Verdichtereinlass abgeben. In einem anderen Beispiel kann der Ejektor Luft vom Turbinenauslass empfangen und Luft nach stromabwärts des Katalysators oder zum Verdichtereinlass abgeben.

**[0041]** Zur Bereitstellung von Steuerbarkeit der Wastegate-Betätigung kann ein Lüftungsventil zwischen dem Wastegate-Aktuator **44** und dem Ejektor **302** angeordnet sein. In einer "Unterdruck-"Stellung kann das Ventil den ganzen Unterdruck des Ejektors **302** anlegen. In der "Lüftungs-"Stellung kann das Ventil Atmosphärendruck auf jeder Seite des Unterdruckaktuators **44** herstellen. Das Lüftungsventil kann immer einen Teil des Stroms in einer beliebigen Stellung, außer bei vollem Unterdruck, entlüften. In anderen Beispielen kann das Lüftungsventil drei Modi enthalten: Unterdruck erhöhen, Unterdruck entlüften und aktuellen Unterdruck halten. In allen Fällen gestattet dieses Ventil Steuern über die Steuerung statt streng über pneumatisch-mechanische Einstellungen.

**[0042]** **Fig. 4** stellt das Unterdruckerzeugungssystem von **Fig. 3** mit optionaler aktiver Aufladungssteuerung und Wastegate-Betätigung unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung dar. **Fig. 4** stellt ein beispielhaftes Motorsystem **400** dar, das neben anderen bereits beschriebenen Komponenten den Wastegate-Aktuator **44** und den Ejektor **302** von **Fig. 3** enthält. Der Kanal **306**, der den Ejektor **302** mit dem Wastegate-Aktuator **44** koppelt, erstreckt sich über die gesamte Länge vom Ejektor **302** zum Wastegate-Aktuator **44**, wobei zusätzliche unten erläuterte Leitungen und Kanäle den Kanal **306** schneiden und damit gekoppelt sind.

**[0043]** Dem Speicher **416** kann durch vier getrennte Quellen Unterdruck zugeführt werden: von den Ejek-

toren **302**, **410**, **406** und dem Einlasskrümmer. Andere Quellen auf Ejektorbasis sind auch möglich.

**[0044]** Der Ejektor **302** führt zur Einleitung von Luft in den Abgasstrom. Dies ist in bestimmten Fällen ein Vorteil, zum Beispiel bei Anspringen des Katalysators, wobei er als eine Sekundärlufteinleitungspumpe wirken kann. Ein anderer Fall ist während fetten Betriebs, wobei zugesetzte Luft regulierte Emissionen reduziert, wenn auch zu Kosten erhöhter Katalysatorhitze.

**[0045]** Zur Bereitstellung von aktiver Aufladungssteuerung über Betätigung des Wastegates **42** kann eine Lüftungsleitung **402** vorgesehen sein, um den Kanal **306** mit dem Einlasskanal **18** stromaufwärts des Verdichters **90** zu koppeln. Ein Lüftungsventil **404** kann in der Lüftungsleitung **402** oder am Schnittpunkt der Lüftungsleitung **402** mit dem Kanal **306** positioniert sein. Das Lüftungsventil **404** kann durch die Steuerung **50** dahingehend gesteuert werden, die dem Wastegate-Aktuator **44** zugeführte Unterdruckhöhe einzustellen, wobei überschüssiger Unterdruck über die Lüftungsleitung **402** zurück zum Einlass geleitet wird. Somit kann durch Steuerung des Lüftungsventils **404** eine aktive Aufladedrucksteuerung bereitgestellt werden.

**[0046]** Zum Öffnen des Wastegates **42** unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung (zum Beispiel wenn über den Ejektor **302** kein ausreichender Unterdruck erzeugt wird) kann Unterdruck vom Einlasskrümmer **24** zum Wastegate-Aktuator **44** geleitet werden. Zur Bereitstellung von Einlasskrümmerunterdruck kann ein zweiter Ejektor **406** über die Drossel **22** gekoppelt werden. Der zweite Ejektor **406** kann Unterdruck von Einlasslufttreibstrom von stromaufwärts der Drossel zu stromabwärts der Drossel erzeugen. Der durch den zweiten Ejektor **406** erzeugte Unterdruck kann zum Kanal **306** und/oder durch das Lüftungsventil **404** geleitet werden. Steuerung des Stroms durch den zweiten Ejektor **406** kann durch das Ejektortreibstromsteuerventil **408** bereitgestellt werden.

**[0047]** Bei einigen Ausführungsformen kann im Verdichter-Bypassstromkanal ein dritter Ejektor **410** ähnlich dem oben unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** und **Fig. 2** beschriebenen Ejektor **80** vorgesehen sein. Unterdruck vom dritten Ejektor **410** kann über den Kanal **412** zum Kanal **306** geleitet werden. Zur Steuerung des Luftstroms durch den dritten Ejektor **410** kann in dem Bypass-Kanal, in dem der dritte Ejektor **410** untergebracht ist, ein Ejektortreibstromsteuerventil **414** vorgesehen sein.

**[0048]** Ein Unterdruckspeicher **416** kann mit dem Ejektor **302**, dem zweiten Ejektor **406**, dem dritten Ejektor **410** und dem Wastegate-Aktuator **44** strömungsgekoppelt sein. Wie in **Fig. 4** dargestellt,

schnneiden sich ein Kanal vom Speicher **416**, ein Kanal **412** vom dritten Ejektor **410** sowie ein Kanal vom zweiten Ejektor **406** mit dem Kanal **306** und sind damit strömungsgekoppelt. Somit kann Unterdruck vom Speicher **416**, dritten Ejektor **410** und/oder zweiten Ejektor **406** zu dem Wastegate-Aktuator **44** geleitet werden. Auf diese Weise kann Unterdruck im Speicher **416** gespeichert und an den Wastegate-Aktuator **44** angelegt werden, wenn der Druckabfall am Ejektor **302**, dritten Ejektor **410** und/oder zweiten Ejektor **406** nicht dazu ausreicht, die Stellung des Wastegates **42** zu steuern. Darüber hinaus können ein erstes Rückschlagventil **418**, ein zweites Rückschlagventil **420** und ein drittes Rückschlagventil **422** eine Unterdruckentlastung vom Speicher **416** verhindern und/oder gewährleisten, dass Unterdruck nur vom Ejektor **302**, zweiten Ejektor **406** oder dritten Ejektor **410** zum Wastegate-Aktuator **44** und nicht in die andere Richtung strömt. Ähnlich der vorherigen Figuren wird Luftstrom durch die verschiedenen Kanäle und Durchgänge des Motorsystems **400** durch die Pfeile von **Fig. 3** gezeigt.

**[0049]** Unter Bedingungen eines hohen Einlasskrümmerunterdrucks ist Luftstrom durch den zweiten Ejektor **406** zur Erzeugung eines ausreichenden Unterdrucks zur Betätigung des Wastegates **42** möglicherweise nicht erforderlich. Somit kann ein direkter Kanal **424** den Einlasskanal **18** stromaufwärts des Einlasskrümmers **24** mit dem Kanal **306** koppeln. Ein viertes Rückschlagventil **426** kann in dem direkten Kanal **424** vorgesehen sein.

**[0050]** Die in **Fig. 4** gezeigte Konfiguration ist nicht einschränkend, da auch andere Konfigurationen möglich sind. Zum Beispiel kann auf den Speicher **416** verzichtet werden. Ebenso kann auf den zweiten Ejektor **406** und/oder den dritten Ejektor **410** verzichtet werden. Obgleich die **Fig. 3** und **Fig. 4** vom Ejektor im Abgasstromweg erzeugten Unterdruck und/oder Unterdruck vom Einlasskrümmer, der zum Wastegate-Aktuator geleitet wird, zeigen, können zusätzlich oder als Alternative zu dem Wastegate-Aktuator auch andere Unterdruckverbraucher den Unterdruck empfangen. Zu beispielhaften Unterdruckverbrauchern gehören ein Bremskraftverstärker für das Fahrzeugbremssystem, ein Ladungsbewegungssteuerventil, ein Kraftstoffdampfbehälter (zur Zuführung von Unterdruck zum Spülen von Kraftstoffdämpfen aus dem Behälter) und andere Unterdruckverbrauchsrichtungen.

**[0051]** Die in den **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellten Systeme stellen ein System für einen Motor bereit, das einen Verdichter, der in einem Einlass des Motors positioniert und mit einer in einem Auslass des Motors positionierten Turbine gekoppelt ist; einen Ejektor, der in einem Abgasstromweg positioniert ist; ein Wastegate-Ventil der Turbine, das durch einen Unterdruckaktuator betätigt wird; und einen Unterdruckkanal, der

den Ejektor mit dem Unterdruckaktuator koppelt, umfasst. Ein Einlass des Ejektors kann im Abgasstromweg stromaufwärts der Turbine positioniert sein, und ein Auslass des Ejektors kann im Abgasstromweg stromabwärts der Turbine positioniert sein. In anderen Beispielen kann der Ejektoreinlass im Auslass stromaufwärts der Turbine positioniert sein, und der Ejektorauslass kann in einem Einlass stromaufwärts des Verdichters positioniert sein.

**[0052]** Ferner kann das System eine Lüftungsleitung umfassen, die den Unterdruckkanal mit einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters koppelt. Ein Lüftungsventil kann in der Lüftungsleitung positioniert sein, und eine Steuerung kann Anweisungen zur Einstellung des Lüftungsventils basierend auf Sollaufladedruck enthalten. Das System kann einen zweiten Ejektor enthalten, der über eine Drossel positioniert ist und mit dem Unterdruckkanal strömungsgekoppelt ist. Ein dritter Ejektor kann über den Verdichter positioniert sein und mit dem Unterdruckkanal strömungsgekoppelt sein.

**[0053]** Somit gewährleisten die in den **Fig. 1** und **Fig. 2** bereitgestellten Systeme eine Betätigung eines Wastegates mit durch einen in einem Verdichter-Bypassstromweg positionierten Ejektor erzeugtem Unterdruck, während die Systeme der **Fig. 3** und **Fig. 4** eine Betätigung des Wastegates mit durch einen in einem Abgasstromweg positionierten Ejektor erzeugtem Unterdruck gewährleisten. Jedes Wastegate-Betätigungssystem kann eine Lüftungsleitung enthalten, und das Lüftungsventil ist durch die Steuerung dahingehend steuerbar, eine gewählte Unterdruckhöhe dem Aktuator zuzuführen, wodurch Aufladungssteuerung bereitgestellt wird. Des Weiteren kann jedes Betätigungssystem eine zusätzliche Unterdruckquelle, die vom Einlasskrümmerunterdruck ausgeht, zur Zuführung von Unterdruck zum Aktuator unter Bedingungen geringer oder ohne Aufladung enthalten.

**[0054]** **Fig. 5** stellt ein Verfahren **500** zur Zuführung von Unterdruck zu einem Unterdruckaktuator, wie zum Beispiel dem Wastegate-Aktuator **44** der **Fig. 1–Fig. 4**, dar. Das Verfahren **500** kann durch die Steuerung **50** gemäß darin gespeicherten Anweisungen durchgeführt werden. Das Verfahren **500** umfasst bei **502** Bestimmen von Betriebsparametern. Die Betriebsparameter können Motordrehzahl und -last, Aufladedruck, (wie durch Verdichtereinlassdruck (CIP – compressor inlet pressure), Drosseleinlassdruck (TIP – throttle inlet pressure) und/oder MAP) bestimmt und andere Parameter umfassen. Bei **504** wird bestimmt, ob der Motor mit Aufladung betrieben wird (zum Beispiel MAP größer als Barometerdruck). Wenn der Motor nicht mit Aufladung betrieben wird, was zum Beispiel bei Niedriglastbetrieb vorkommen kann, geht das Verfahren **500** zu **506** über, um ein über eine Turboladerturbine positioniertes Wastegate durch Anlegen von Unterdruck an den Wastega-

te-Aktuator zu öffnen. Wie bei **508** gezeigt, kann der Unterdruck vom Einlasskrümmer zum Beispiel durch Öffnen des Ventils **208** von **Fig. 2** oder Öffnen des Ventils **408** von **Fig. 4** zum Wastegate-Aktuator geleitet werden. Der Unterdruck kann direkt vom Einlasskrümmer (oder Einlasskanal stromaufwärts des Krümmers und stromabwärts der Drossel) zugeführt werden, oder er kann durch Leiten der Einlassluft durch einen über die Drossel gekoppelten Ejektor erzeugt werden. In einigen Beispielen kann Unterdruck jedoch anstatt vom Einlasskrümmer von einem Unterdruckspeicher geleitet werden. Durch Öffnen des Wastegates selbst unter Bedingungen ohne Aufladung können Pumpverluste durch die Turbine reduziert werden, wodurch die Kraftstoffökonomie zunimmt. Dann kehrt das Verfahren **500** zurück.

**[0055]** Wenn bei **504** bestimmt wird, dass der Motor mit Aufladung betrieben wird, geht das Verfahren **500** zu **510** über, um zu bestimmen, ob sich eine Sollaufladungshöhe von einer vorgesehenen Aufladungshöhe unterscheidet. Die Sollaufladungshöhe kann in einem Beispiel auf Motordrehzahl und -last basieren. Falls sich die Sollaufladungshöhe und die vorgesehene Aufladungshöhe nicht unterscheiden, werden keine Einstellungen der aktuellen Wastegate-Stellung angezeigt, und somit geht das Verfahren **500** zu **512** über, um die aktuellen Betriebsparameter aufrechtzuerhalten (zum Beispiel die aktuelle Wastegate-Stellung aufrechtzuerhalten), und dann kehrt das Verfahren **500** zurück.

**[0056]** Zu **510** zurückkehrend, geht das Verfahren **500**, falls sich die Sollaufladungshöhe und die vorgesehene Aufladungshöhe unterscheiden, zu **514** über, um die Wastegate-Stellung durch Anlegen von Unterdruck an den Wastegate-Aktuator einzustellen. Zum Anlegen des Unterdrucks bei **516** kann eine Stellung des Lüftungsventils dahingehend eingestellt werden, dem Wastegate-Aktuator eine Sollunterdruckhöhe zuzuführen, um die Wastegate-Stellung einzustellen. Die Sollunterdruckhöhe kann auf dem Sollaufladedruck basieren. In Abhängigkeit von der Konfiguration des Betätigungssystems kann der Unterdruck dem Wastegate-Aktuator von verschiedenen Quellen zugeführt werden. Wie bei **518** gezeigt, kann Unterdruck vom Verdichter-Bypassstromweg zum Aktuator geleitet werden, wenn die Aufladung relativ hoch ist und/oder der Einlasskrümmerunterdruck relativ gering ist. Des Weiteren kann in einigen Beispielen das Ejektortreibstromsteuerventil im Verdichter-Bypassstrom geöffnet werden, um den Treibstrom durch den Ejektor zur Erzeugung des Unterdrucks zuzuführen. Wenn der Ejektor im Verdichter-Bypassstrom positioniert ist, wie in den **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt, kann der Unterdruck durch den Ejektor erzeugt werden, wenn sich die Aufladung über einem Schwellwert befindet. Die Schwellaufladungshöhe kann keine Aufladung sein, so dass Unterdruck jederzeit, wenn Aufladung zur Verfügung steht, dem

Aktuator zugeführt wird. Bei anderen Ausführungsformen kann der Schwellwert die Sollaufladungshöhe sein, und wenn übermäßige Aufladung über der Sollhöhe zur Verfügung steht, dann kann Unterdruck durch den Ejektor erzeugt und dem Aktuator zugeführt werden. Bei noch anderen Ausführungsformen kann der Schwellwert eine festgelegte Aufladungshöhe sein, die ausreichend Unterdruckerzeugung zur Betätigung des Wastegates bereitstellt. Die Erzeugung von Unterdruck durch den Verdichter-Bypass-Ejektor kann durch Öffnen des Ventils **86** aktiv gesteuert werden, oder sie kann passiv erfolgen, wenn die bereitgestellte Aufladung über der Sollaufladung liegt. Des Weiteren kann die Wastegate-Stellung dazu ausgewählt werden, eine gewisse übermäßige Aufladung zur Erzeugung des Unterdrucks beizubehalten. In anderen Beispielen kann die Wastegate-Stellung dazu ausgewählt werden, die bereitgestellte Aufladung auf die Höhe der Sollaufladung zu bringen, selbst wenn anschließend keine übermäßige Aufladung zur Unterdruckerzeugung zur Verfügung steht.

**[0057]** Wenn der Ejektor im Abgasstrom positioniert ist, wie in den **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt, kann Unterdruck vom Abgasstrom zum Aktuator geleitet werden, wenn die Aufladung hoch ist und/oder der Einlasskrümmerunterdruck niedrig ist, wie bei **520** gezeigt. Die Bedingungen zum Leiten von Unterdruck vom Abgasstrom können denen zum Leiten von Unterdruck vom Verdichter-Bypassstrom insofern ähneln, als eine ausreichende Aufladungshöhe zur Erzeugung des Unterdrucks zur Verfügung stehen muss. Des Weiteren kann in einigen Beispielen das Ejektortreibstromsteuerventil im Abgasstromweg geöffnet werden, um den Treibstrom durch den Ejektor zur Erzeugung des Unterdrucks bereitzustellen.

**[0058]** Wenn Aufladedruck zu gering ist, um ausreichenden Unterdruck zu erzeugen (sowohl für den Verdichter-Bypass-Ejektor als auch den Auslass-Ejektor), und wenn der Einlasskrümmerunterdruck hoch ist, kann Unterdruck vom Einlasskrümmer zum Aktuator geleitet werden, wie bei **592** gezeigt. Das Leiten von Unterdruck vom Einlasskrümmer kann dem oben bei **506** und **508** beschriebenen ähneln. Bei einigen Ausführungsformen kann der Unterdruck jedoch von einem Unterdruckspeicher statt dem Einlasskrümmer geleitet werden.

**[0059]** Somit stellt das Verfahren **500** von **Fig. 5** Betätigung eines Wastegates unter Verwendung eines Unterdruckaktuators sowohl unter Bedingungen höherer Aufladung als auch geringerer Aufladung bereit. In einem Beispiel umfasst ein Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine getriebenen Verdichter enthält, Erzeugung von Unterdruck über den Verdichter-Bypassstrom durch einen Ejektor und Anlegen von Unterdruck vom Ejektor an einen Wastegate-Aktuator. Ein anderes Verfahren für einen Motor, der einen Turbo-

lader mit einem durch eine Turbine getriebenen Verdichter enthält, umfasst Erzeugung von Unterdruck über Abgasstrom durch einen Ejektor und Anlegen von Unterdruck vom Ejektor an einen Wastegate-Aktuator.

**[0060]** Für beide Verfahren kann der Wastegate-Aktuator dazu konfiguriert sein, ein Wastegate-Ventil der Turbine einzustellen. Der Unterdruck vom Ejektor zum Wastegate-Aktuator kann über einen eine Strömungskopplung zwischen dem Ejektor und dem Wastegate-Aktuator herstellenden Kanal zugeführt werden, und eine Lüftungsleitung kann eine Strömungskopplung zwischen dem Kanal und einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters herstellen.

**[0061]** Ferner können die Verfahren Einstellen des Aufladedrucks durch Einstellen eines in der Lüftungsleitung positionierten Ventils umfassen. Weiterhin können die Verfahren Anlegen von Unterdruck von einem Einlasskrümmer des Motors an den Wastegate-Aktuator umfassen. Anlegen von Unterdruck vom Einlasskrümmer des Motors an den Wastegate-Aktuator kann ferner Erzeugen von Unterdruck über einen im Einlassluftstromweg positionierten zweiten Ejektor umfassen. Die Verfahren können Speichern von durch den Ejektor und/oder den zweiten Ejektor erzeugtem Unterdruck in einem Unterdruckspeicher umfassen.

**[0062]** In einem anderen Beispiel umfasst ein Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine angetriebenen Verdichter enthält, unter einer ersten Bedingung Einstellen eines Wastegate-Ventils der Turbine über einen Unterdruckaktuators, wobei Unterdruck von einem in einem Verdichter-Bypassstromweg positionierten Ejektor empfangen wird, und unter einer zweiten Bedingung Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuators, wobei Unterdruck von einem Einlasskrümmer des Motors empfangen wird. Ein zusätzliches Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine angetriebenen Verdichter enthält, umfasst unter einer ersten Bedingung Einstellen eines Wastegate-Ventils der Turbine über einen Unterdruckaktuators, wobei Unterdruck von einem in einem Abgasstromweg positionierten Ejektor empfangen wird, und unter einer zweiten Bedingung Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuators, wobei Unterdruck von einem Einlasskrümmer des Motors empfangen wird.

**[0063]** Bei den Verfahren kann die erste Bedingung umfassen, dass der Aufladedruck über einem Schwellwert liegt, und die zweite Bedingung kann umfassen, dass der Aufladedruck unter dem Schwellwert liegt. In einem anderen Beispiel der Verfahren kann die erste Bedingung umfassen, dass der Einlasskrümmerunterdruck unter einem Schwellwert liegt, und die zweite Bedingung kann umfassen, dass

der Einlasskrümmerunterdruck über dem Schwellwert liegt.

**[0064]** Ferner können die Verfahren Einstellen des Aufladedrucks durch Einstellen eines Lüftungsventils, das in einer eine Strömungskopplung zwischen dem Ejektor und einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters herstellenden Lüftungsleitung positioniert ist, umfassen. Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuator mit vom Einlasskrümmer empfangenem Unterdruck kann ferner Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuator mit von einem zweiten Ejektor, der über eine Drossel des Einlasskrümmers positioniert ist, empfangenem Unterdruck umfassen.

**[0065]** Ein Treibstromsteuerventil im Abgasstromweg kann geöffnet werden, um Unterdruck vom Ejektor zu erzeugen, wenn der Ejektor im Abgasstromweg positioniert ist. Wenn der Ejektor im Verdichter-Bypassstromweg positioniert ist, kann ein Treibstromsteuerventil im Verdichter-Bypassstromweg geöffnet werden, um Unterdruck vom Ejektor zu erzeugen.

**[0066]** Kurz erneut auf **Fig. 2** Bezug nehmend, können die beiden in **Fig. 2** dargestellten Ejektoren (Ejektor **80** und der zweite Ejektor **206**) Treibstrom empfangen, der durch zwei getrennte Ventile (das Treibstromsteuerventil **86** und das Treibstromsteuerventil **208**) gesteuert wird, wobei sie jeweils ihre eigenen getrennten Aktuatoren haben, um eine unabhängige Steuerung des Treibstroms durch jeden Ejektor zu gestatten. Solche Aktuatoren können jedoch teuer sein. Ferner wird bei typischen Ejektorsystemen den Ejektor verlassende Luft über Rückschlagventile mit hohem Durchfluss, die auch teuer sind, zu einer oder mehreren Niederdrucksenken (zum Beispiel dem Einlasskrümmer) geleitet. Damit auf die Verwendung von Rückschlagventilen mit hohem Durchfluss im Treibstromweg verzichtet werden kann, können mehrere Ejektoren verwendet werden (zum Beispiel ein Ejektor für jede Niederdrucksenke), wie in **Fig. 2** dargestellt. Darüber hinaus kann ein einziger Aktuator zur Steuerung der Stellung beider Treibstromsteuerventile verwendet werden. Solch eine Konfiguration wird in den unten beschriebenen **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellt.

**[0067]** **Fig. 6** zeigt ein Motorsystem **600**, das einen Einlasskrümmer **24**, einen Verdichter **90**, eine Drossel **22** und andere in den vorherigen Figuren beschriebene Komponenten enthält. Obgleich dies in **Fig. 6** nicht gezeigt wird, ist der Einlasskrümmer **24** ähnlich wie die in den **Fig. 1–Fig. 4** dargestellten Einlasskrümmer mit einem Motor gekoppelt. Das Motorsystem **600** enthält zwei Ejektoren, einen ersten Ejektor **602** und einen zweiten Ejektor **604**. Der erste Ejektor ist in einem Bypass-Kanal **606** positioniert, der über die Drossel **22** mit dem Einlasskanal gekoppelt ist; Luft tritt von stromaufwärts des Zwischenküh-

lers **26** in den Bypass-Kanal ein (obgleich sie als Alternative von stromabwärts des Zwischenkühlers **26** und stromaufwärts der Drossel in den Kanal eintreten kann), durchströmt den ersten Ejektor **602** und tritt zum Einlasskrümmer **24** aus. Ein erstes Treibstromsteuerventil **608** ist im Bypass-Kanal **606** positioniert.

**[0068]** Der zweite Ejektor **604** ist im Bypass-Kanal **610** positioniert, der den Verdichter **90** umgeht. Luft tritt vom Verdichterauslass in den Bypass-Kanal **610** ein, durchströmt den zweiten Ejektor **604** und tritt zum Verdichtereinlass aus. Ein zweites Treibstromsteuerventil **612** ist im Bypass-Kanal **610** positioniert. Obgleich **Fig. 6** ein getrenntes Verdichterbypassventil **30** zur Steuerung des Stroms um den Verdichter darstellt, kann das Verdichterbypassventil bei einigen Ausführungsformen durch das zweite Treibstromsteuerventil **612** ersetzt werden. Wie zuvor besprochen, kann das Verdichterbypassventil **30** Aufladungssteuerung sowie Pumpschutz gewährleisten. Verdichterpumpen tritt unter Bedingungen eines hohen Aufladedrucks (zum Beispiel eines hohen Druckverhältnisses am Verdichter) und geringen Luftstroms durch den Verdichter auf; Verdichterpumpen kann unter einigen Bedingungen zu einer Beeinträchtigung der Turboladerkomponenten führen. Somit kann zur Reduzierung von Pumpen Luft vom Verdichterauslass über das Verdichterbypassventil zum Verdichtereinlass zurück geleitet werden, wodurch Strom durch den Verdichter verstärkt und Pumpen reduziert wird. Als Alternative dazu kann gekühlte Luft hinter dem Ladeluftkühler um den Verdichter zirkuliert werden, um die Pumpreserve zu verbessern. Wenn auf das Verdichterbypassventil **30** verzichtet wird, kann das zweite Ventil **612** als Pumpreservenventil wirken, das unter Pumpbedingungen geöffnet wird, um Pumpschutz zu gewährleisten. Unter Turbohochdrehbedingungen, wie zum Beispiel bei Fahrzeugbeschleunigung, kann das zweite Ventil **612** geschlossen werden. Durch Ersetzen des stufenlos verstellbaren Verdichterbypassventils durch das zweite Ein-/Aus-Ventil **612** kann das Turbohochdrehen durch das durch das stufenlos verstellbare Verdichterbypassventil eingeführte "dauerhafte Leck" reduziert werden.

**[0069]** Das erste Ventil **608** und das zweite Ventil **612** können durch einen gemeinsamen Aktuator **614** betätigt werden. Der Aktuator **614** kann ein elektromagnetischer Aktuator sein, der bei Empfang von Strom von der Steuerung **50** aktiviert wird. Der Aktuator **614** kann eine Standardstellung aufweisen, die er einnimmt, wenn er nicht aktiviert ist. In der Standardstellung kann eines der Ventile geschlossen sein, während das andere geöffnet sein kann. In der aktivierten Stellung öffnet sich das geschlossene Ventil und schließt sich das geöffnete Ventil. Wenn sich der Aktuator in der Standardstellung befindet kann zum Beispiel das erste Ventil **608** geöffnet sein, während das zweite Ventil **612** geschlossen ist. In der ak-

tivierten Stellung kann das erste Ventil **608** schließen, während sich das zweite Ventil **612** öffnet. Auf diese Weise kann ein einziger Aktuator zur Steuerung der Stellung mehrerer Stromregelventile verwendet werden. **Fig. 6** zeigt die Ventile **608**, **612** als Inline-Ventile, es sind jedoch auch andere Ventilkonfigurationen möglich. Zum Beispiel können die Ventile Schieberventile sein, die an den Hälsen der Ejektoren positioniert sind. Des Weiteren wird die Steuerleitung zwischen dem Aktuator **614** und dem Ventil **608** und dem Ventil **612**, durch die der Aktuator **614** die Stellung der Ventile einstellt, in **Fig. 6** gepunktet dargestellt.

**[0070]** Der erste Ejektor **602** und der zweite Ejektor **604** können jeweils Unterdruck zu einem Unterdruckspeicher **616** leiten, der mit einem oder mehreren Unterdruckverbrauchern **618** und **620** gekoppelt sein kann. Die Unterdruckverbraucher können geeignete Vorrichtungen sein, die Unterdruck verwenden, wie zum Beispiel pneumatische Aktuatoren (der Wastegate-Aktuator, der Aktuator der Ladungsbewegungssteuerung, der Bremskraftverstärker, das Motortraglager, die Vorderachstrennung, HVAC-Bedienelemente usw.) und/oder Gaseinlasssysteme/vorrichtungen (zum Beispiel zum Einlass von gasförmigem Brennstoff, Kurbelgehäusegasen, zirkuliertem Abgas und Kraftstoffdämpfen).

**[0071]** Obgleich **Fig. 6** zwei durch einen einzigen Aktuator betätigte Ventile zeigt, können die beiden Ventile bei einigen Ausführungsformen durch ein einziges Ventil ersetzt werden. Wie in **Fig. 7** gezeigt, enthält ein Motorsystem **700**, das dem System **600** ähnelt, Bypass-Kanäle **606** und **610**, die eine gemeinsame Einlassleitung **702**, die zu einem Ventil **704** führt, teilen. Das Ventil **704** kann durch einen Aktuator in eine von zwei Stellungen betätigt werden. Wenn sich der Aktuator in einer ersten Stellung, der Standardstellung, befindet, kann sich das Ventil **704** in einer ersten Stellung befinden, in der Luft aus der Einlassleitung **702** durch den ersten Ejektor **602** geleitet wird, während das Ventil **704**, wenn sich der Aktuator in einer zweiten, aktivierten Stellung befindet, in eine zweite Stellung bewegt werden kann, in der Luft aus der Einlassleitung **702** durch den zweiten Ejektor **604** geleitet werden kann.

**[0072]** Die beiden **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigen eine koordinierte Steuerung des Luftstroms durch beide Ejektoren, so dass, wenn Luft durch einen Ejektor strömt, sie nicht durch den anderen Ejektor strömt. Da ein Ejektor Treibstrom unter Bedingungen hoher Aufladung empfängt (der zweite Ejektor **604**), während der andere Treibstrom unter Bedingungen eines hohen Einlasskrümmerunterdrucks  $T$  empfängt, kann die Unterdruckerzeugung durch die Ejektoren unter den meisten Betriebsbedingungen erfolgen und kann genauso effektiv sein, als wenn die Ejektoren unabhängig gesteuert werden würden.

**[0073]** Die Systeme der **Fig. 6** und **Fig. 7** stellen ein System für einen Motor bereit, das einen ersten Ejektor, der über eine Drossel positioniert ist und durch ein erstes Ventil gesteuert wird; einen zweiten Ejektor, der in einem Verdichter-Bypassstrom positioniert ist und durch ein zweites Ventil gesteuert wird; und einen gemeinsamen Aktuator, der dazu konfiguriert ist, eine Stellung des ersten Ventils und des zweiten Ventils gleichzeitig einzustellen, umfasst. Das zweite Ventil kann ein stufenlos verstellbares Verdichterbypassventil umfassen. Das System kann eine Steuerung mit Anweisungen zur Aktivierung des gemeinsamen Aktuators zum Öffnen des zweiten Ventils und Schließen des ersten Ventils, wenn sich Aufladedruck über einem Schwellwert befindet, enthalten. Die Steuerung kann auch Anweisungen zur Aktivierung des gemeinsamen Aktuators zum Öffnen des zweiten Ventils und Schließen des ersten Ventils als Reaktion auf Verdichterbetrieb in einem Pumpbereich enthalten, wobei sich das Verdichterdrukverhältnis über einem Schwellwert befindet und der Verdichterdurchfluss unter einem Schwellwert liegt. Die Steuerung kann Anweisungen zur Aktivierung des gemeinsamen Aktuators zum Schließen des zweiten Ventils und Öffnen des ersten Ventils als Reaktion auf einen Turboladerverzug enthalten, wobei die Sollaufladung zur Bereitstellung von Motorleistungsanforderungen die bereitgestellte Aufladung um mehr als eine Schwellhöhe übersteigt.

**[0074]** Nunmehr auf **Fig. 8** Bezug nehmend, wird ein Verfahren **800** zur Erzeugung von Unterdruck mit mehreren Ejektoren, die getrennt durch einen gemeinsamen Aktuator betätigte Treibstromsteuerventile aufweisen, dargestellt. Das Verfahren **800** kann durch eine Steuerung **50** gemäß darin gespeicherten Anweisungen durchgeführt werden, um Unterdruck im Motorsystem **600** von **Fig. 6** oder im Motorsystem **700** von **Fig. 7** zu erzeugen. Das Verfahren **800** umfasst bei **802** Erzeugung von Unterdruck über einen ersten Ejektor mit einem Aktuator (zum Beispiel dem Aktuator **614**) in einer ersten Stellung, der Standardstellung. Wie zuvor erläutert, kann der Aktuator eine Standardstellung aufweisen, die der Aktuator einnimmt, wenn er nicht aktiviert ist. Der erste Ejektor kann in einem Einlassluftstromweg über eine Drossel positioniert sein, wie zum Beispiel der erste Ejektor **602**. Wie bei **804** gezeigt, strömt Einlassluft durch den ersten Ejektor zur Erzeugung des Unterdrucks. Mit dem Aktuator in der ersten Stellung, ist ferner ein erstes Treibstromsteuerventil (zum Beispiel das erste Ventil **608**) geöffnet, und ein zweites Treibstromsteuerventil (zum Beispiel das zweite Ventil **612**) ist geschlossen, wie bei **806** gezeigt. Somit strömt Luft durch das erste Ventil zum ersten Ejektor mit dem Aktuator in der ersten Stellung, aber strömt nicht durch das zweite Ventil zum zweiten Ejektor.

**[0075]** Bei **808** werden die Motorbetriebsparameter bestimmt. Die bestimmten Motorbetriebsparameter

können Aufladedruck, Motordrehzahl und -last, MAP und andere Parameter umfassen. Bei **810** wird bestimmt, ob der Aufladedruck über einem Schwellwert liegt. Der Schwellaufdruck kann keine Aufladung sein, so dass jede beliebige Aufladung über dem Schwellwert liegt. Bei anderen Ausführungsformen kann der Schwellwert Sollaufladung sein, oder er kann eine festgelegte Aufladungshöhe sein. Wenn Aufladedruck über dem Schwellwert liegt, geht das Verfahren **800** zu **816** über, das unten erläutert werden wird. Wenn Aufladedruck nicht über dem Schwellwert liegt, geht das Verfahren **800** zu **812** über, um den Aktuator in der Standardstellung zu halten, da kein ausreichender Aufladedruck zur Verfügung steht, um Unterdruck mit dem zweiten Ejektor zu erzeugen.

**[0076]** Das Verfahren **800** geht zu **814** über, um zu bestimmen, ob der Verdichter derzeit in Betrieb ist oder sein Betrieb in einem Pumpbereich vorhergesagt wird. Verdichterpumpen kann sich aus geringem Luftstrom durch den Verdichter ergeben; unter bestimmten Bedingungen, wie zum Beispiel ein Fahrer-Tip-Out Ereignis, können der Durchfluss und das Druckverhältnis über den Verdichter auf Höhen schwanken, die zu Lärmstörungen und in schweren Fällen Leistungsproblemen und einer Beeinträchtigung des Verdichters führen können. Zur Minderung solcher Pumpereignisse, wenn das zweite Ventil das CBV ersetzt hat, kann es geöffnet werden, um Strom durch den Verdichter zu erhöhen. Wie hier verwendet, umfasst der Begriff "Pumpbereich" Verdichterbetriebspunkte, die zu einem Pumpen führen (zum Beispiel über einer Pumphöhe) sowie Betriebspunkte nahe einer Pumphöhe, die nicht zu einem Pumpen führen (die aber ein Pumpen des Verdichters verursachen können, wenn geringe Luftstromschwankungen auftreten). Darüber hinaus kann der Verdichter als im Pumpbereich arbeitend betrachtet werden, wenn vorhergesagt wird, dass der Verdichter beim oder während des Übergang(s) zum nächsten angeforderten Betriebspunkt pumpen würde.

**[0077]** Der Pumpbereich des Verdichters ist eine Funktion des Verdichterdruckverhältnisses (zum Beispiel des Aufladedrucks) und Luftstroms durch den Verdichter. Das Druckverhältnis und der Luftstrom durch den Verdichter können auf ein Verdichterbetriebskennfeld abgebildet werden, das anzeigt, wenn der Verdichter pumpt. Als Alternative dazu kann der Verdichterbetrieb im Pumpbereich auf Grundlage von Motordrehzahl und -last bestimmt werden. Selbst wenn der Verdichter aktuell nicht pumpt, kann ferner anschließender Pumpbetrieb basierend auf dem nächsten angeforderten Betriebspunkt vorhergesagt werden. Wenn zum Beispiel ein Tip-Out Ereignis oder ein anderer Abfall der Motordrehzahl oder -last aufgetreten ist, kann vorhergesagt werden, dass der Luftstrom durch den Verdichter im Begriff ist abzufallen,

und somit kann geschätzt werden, dass der Verdichter im Pumpbereich betrieben werden wird.

**[0078]** Wenn der Verdichter nicht im Pumpbereich betrieben wird (oder sein Betrieb im Pumpbereich nicht vorhergesagt wird), geht das Verfahren **800** zu **812** zurück, um die Aktuator-Standardstellung aufrechtzuerhalten. Wenn der Verdichter im Pumpbereich betrieben wird oder sein Betrieb darin vorhergesagt wird, geht das Verfahren **800** zu **816** über, um den Solenoid des Aktuators zu aktivieren, um den Aktuator in eine zweite Stellung einzustellen und Unterdruck über einen zweiten Ejektor (zum Beispiel den zweiten Ejektor **604**) zu erzeugen. Wenn, wie oben erläutert, bei **810** bestimmt wird, dass Aufladedruck über dem Schwellwert liegt, geht des Weiteren das Verfahren **800** auch zu **816** über, um den Solenoid zu aktivieren.

**[0079]** Mit aktiviertem Solenoid und dem Aktuator in der zweiten Stellung strömt Verdichter-Bypassluft durch den zweiten Ejektor, um den Unterdruck zu erzeugen, wie bei **818** gezeigt. Zum Leiten von Luft durch den zweiten Ejektor öffnet der Aktuator das zweite Ventil und schließt das erste Ventil, wie bei **820** gezeigt.

**[0080]** Bei **822** wird bestimmt, ob der Aufladedruck unter den Schwellwert fällt oder ob ein Turboladerverzug erfasst wird. Turboladerverzug bezieht sich auf einen Zustand, in dem die Höhe der zugeführten Aufladung nicht dazu ausreicht, die Motorleistungsanforderungen zu erfüllen, und kann bei einem Tip-In Ereignis oder bei Fahrzeugbeschleunigung auftreten. Turboladerverzug kann eine vorübergehende, unerwünschte Verzögerung bei der Motorleistung verursachen, die für einen Fahrzeugführer spürbar ist. Zur Minderung des Turboladerverzugs kann sämtliches Abgas im Auslasskanal durch die Turbine geleitet werden, um die Turbine schnell auf die Solldrehzahl hochzufahren und so die angeforderte Aufladung zu erzeugen, und sämtliche Einlassluft kann durch den Verdichter geleitet werden. Wenn Turboladerverzug erfasst wird (oder wenn ein unmittelbar bevorstehender Turboladerverzug vorhergesagt wird) oder wenn die Aufladung unter den Schwellwert abgefallen ist, geht das Verfahren **800** somit zu **824** über, um den Solenoid zu deaktivieren und den Aktuator in Standardstellung zurückzuführen.

**[0081]** Obgleich das Verfahren **800** von **Fig. 8** die Steuerung von zwei Ejektoren durch zwei Ventile mit einem einzigen Aktuator beschreibt, können die beiden Ejektoren als Alternative dazu durch ein einziges Ventil gesteuert werden, wie in **Fig. 7** dargestellt. Bei einer solchen Konfiguration kann der Aktuator das Ventil zwischen einer ersten Stellung, in der der erste Ejektor zur Erzeugung von Unterdruck verwendet wird, und einer zweiten Stellung, der der zweite Ejek-

tor zur Erzeugung von Unterdruck verwendet wird, bewegen.

**[0082]** Die **Fig. 9** und **Fig. 10** stellen beispielhafte Motorbetriebsbedingungen mit koordinierter Steuerung der beiden Ejektortreibstromsteuerventile dar. **Fig. 9** stellt ein Diagramm **900** dar, das Betriebsbedingungen unter einer Stationärfahrtbedingung, wobei ein Fahrzeug mit einer konstanten Motorleistung fährt, zeigt. Kurve **902** stellt den Drosseleinlassdruck (TIP – throttle inlet pressure) dar, Kurve **904** stellt den MAP dar und Kurve **906** stellt den Barometerdruck dar, mit Zeit auf der horizontalen Achse und Druckkraft auf der vertikalen Achse. Wenn TIP über MAP liegt, kann eine effizientere Unterdruckerzeugung mit dem zweiten Ejektor erfolgen, und somit ist, wie durch Kurve **910** gezeigt, das zweite Ventil während eines Großteils der in Diagramm **900** dargestellten Zeit geöffnet. Zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  können TIP und MAP jedoch soweit geschlossen werden, dass die Unterdruckerzeugung durch den ersten Ejektor bevorzugt wird, und somit wird das durch Kurve **908** dargestellte erste Ventil während dieser Zeit geöffnet. Wie durch die Kurven **908** und **910** gezeigt, ist das zweite Ventil geschlossen, wenn das erste Ventil geöffnet ist, und wenn das erste Ventil geschlossen ist, ist das zweite Ventil geöffnet.

**[0083]** **Fig. 10** stellt ein Diagramm **1000** dar, das die gleichen Betriebsparameter wie **Fig. 9** während eines Beschleunigungsereignisses, während dessen die Motorleistungsanforderung auf oder über dem bereitgestellten Luftstrom liegt, zeigt. TIP wird durch Kurve **1002** dargestellt, MAP wird durch Kurve **1004** dargestellt, BP wird durch Kurve **1006** dargestellt, die erste Ventilstellung wird durch Kurve **1008** dargestellt, und die zweite Ventilstellung wird durch Kurve **1010** dargestellt. Vor dem Zeitpunkt  $t_1$  ist TIP größer als MAP, und somit kann das zweite Ventil bei geschlossenem ersten Ventil geöffnet sein. Nach dem Zeitpunkt  $t_1$  liegt TIP jedoch nahe oder auf MAP, und somit ist das erste Ventil geöffnet und das zweite Ventil geschlossen.

**[0084]** Die hier beschriebenen Systeme und Verfahren stellen somit ein Verfahren bereit, das, wenn Aufladung unter einem Schwellwert liegt, Erzeugen von Unterdruck mit einem Aktuator in einer ersten Stellung durch Leiten von Luft von einem Verdichterauslass zu einem Einlasskrümmer durch einen ersten Ejektor und, wenn Aufladung über dem Schwellwert liegt, Erzeugen von Unterdruck mit dem Aktuator in einer zweiten Stellung durch Leiten von Luft vom Verdichterauslass zu einem Verdichtereinlass durch einen zweiten Ejektor umfasst. Das Erzeugen von Unterdruck mit dem Aktuator in der ersten Stellung kann ferner Öffnen eines ersten Ventils und Schließen eines zweiten Ventils mit dem Aktuator zum Leiten von Luft durch den ersten Ejektor umfassen. Das Erzeugen von Unterdruck mit dem Aktuator in der zweiten

Stellung kann ferner Schließen des ersten Ventils und Öffnen des zweiten Ventils mit dem Aktuator zum Leiten von Luft durch den zweiten Ejektor umfassen.

**[0085]** Ferner kann das Verfahren als Reaktion auf aktuellen oder vorhergesagten Verdichterbetrieb in einem Pumpbereich Schließen des ersten Ventils und Öffnen des zweiten Ventils mit dem Aktuator und Leiten von Luft vom Verdichterauslass zum Verdichtereinlass durch den zweiten Ejektor umfassen. Des Weiteren kann das Verfahren als Reaktion auf aktuellen oder vorhergesagten Turboladerverzug Öffnen des ersten Ventils und Schließen des zweiten Ventils mit dem Aktuator umfassen. Durch den ersten Ejektor erzeugter Unterdruck und durch den zweiten Ejektor erzeugter Unterdruck können zu einem Unterdruckaktuator geleitet werden. Der Unterdruckaktuator kann einen Wastegate-Aktuator und/oder einen Bremskraftverstärker und/oder ein Ladungsbewegungssteuerventil umfassen. Der durch den ersten Ejektor erzeugte Unterdruck und der durch den zweiten Ejektor erzeugte Unterdruck können zu einer Motorgaseinlassvorrichtung geleitet werden. Die Motorgaseinlassvorrichtung kann einen Kraftstoffdampfbehälter und/oder ein Motorkurbelgehäuse und/oder einen Einlasskrümmer umfassen.

**[0086]** In einem anderen Beispiel umfasst ein Verfahren unter einer ersten Bedingung Erzeugen von Unterdruck über einen ersten Ejektor durch Öffnen eines ersten Ventils und Schließen eines zweiten Ventils mit einem gemeinsamen Aktuator und Leiten von Luft von einem Verdichterauslass zu einem Einlasskrümmer durch den ersten Ejektor und unter einer zweiten Bedingung Erzeugen von Unterdruck über einen zweiten Ejektor durch Schließen des ersten Ventils und Öffnen des zweiten Ventils mit dem gemeinsamen Aktuator und Leiten von Luft vom Verdichterauslass zu einem Verdichtereinlass durch den zweiten Ejektor.

**[0087]** In einem Beispiel kann die erste Bedingung umfassen, dass der Aufladedruck über einem Schwellwert liegt, und die zweite Bedingung kann umfassen, dass der Aufladedruck unter dem Schwellwert liegt. In einem anderen Beispiel kann die erste Bedingung aktuellen oder vorhergesagten Verdichterbetrieb in einem Pumpbereich umfassen, und die zweite Bedingung kann aktuellen oder vorhergesagten Turboladerverzug umfassen. Ferner kann das Verfahren Bestimmen, ob sich der aktuelle oder vorhergesagte Verdichterbetrieb im Pumpbereich befindet, basierend auf der Luftmassenrate und einer Höhe der zugeführten Aufladung umfassen. Der aktuelle oder vorhergesagte Turboladerverzug kann basierend auf einer Differenz zwischen dem Sollaufladedruck und dem Istafladedruck bestimmt werden. Das Verfahren kann Leiten des durch den ersten Ejektor erzeugten Unterdrucks und des durch den zweiten Ejektor erzeugten Unterdrucks zu einem Un-

terdruckspeicher umfassen, wobei der Unterdruckspeicher mit einem oder mehreren Unterdruckverbrauchern gekoppelt ist.

**[0088]** Es versteht sich, dass die hier offenbarten Konfigurationen und Verfahren rein beispielhaft sind und dass diese bestimmten Ausführungsformen nicht in einem einschränkenden Sinne betrachtet werden sollen, weil zahlreiche Variationen möglich sind. Die obige Technologie kann zum Beispiel auf V-6-, I-4-, I-6-, V-12-, Boxer-4- und andere Motortypen angewandt werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung schließt somit alle neuen und nicht offensichtlichen Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und andere Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften, die hierin offenbart sind, ein.

**[0089]** Die folgenden Ansprüche weisen speziell auf bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen hin, die als neu und nicht offensichtlich betrachtet werden. Diese Ansprüche können sich auf "ein" Element oder "ein erstes" Element oder das Äquivalent davon beziehen. Solche Ansprüche sollten als den Einschluss von einem oder mehreren solchen Elementen umfassend verstanden werden, wobei sie zwei oder mehr solche Elemente weder erfordern noch ausschließen. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Änderung der vorliegenden Ansprüche oder durch Vorlage von neuen Ansprüchen in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche werden, ob ihr Schutzbereich weiter, enger, gleich oder anders in Bezug auf die ursprünglichen Ansprüche ist, auch als im Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthalten betrachtet.

### Patentansprüche

1. Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine angetriebenen Verdichter enthält, umfassend:  
Erzeugen von Unterdruck über einen Abgasstrom durch einen Ejektor; und  
Anlegen von Unterdruck von dem Ejektor an einen Wastegate-Aktuator.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Wastegate-Aktuator dazu konfiguriert ist, ein Wastegate-Ventil der Turbine einzustellen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Unterdruck vom Ejektor zum Wastegate-Aktuator über einen eine Strömungskopplung zwischen dem Ejektor und dem Wastegate-Aktuator herstellenden Kanal zugeführt wird, und wobei eine Lüftungsleitung eine Strömungskopplung zwischen dem Kanal und einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters herstellt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, ferner umfassend Einstellen des Aufladedrucks durch Einstellen eines in der Lüftungsleitung positionierten Ventils.

5. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Anlegen von Unterdruck von einem Einlasskrümmer des Motors an den Unterdruckaktuator.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Anlegen von Unterdruck vom Einlasskrümmer des Motors an den Unterdruckaktuator ferner Erzeugen von Unterdruck über einen im Einlassstromweg positionierten zweiten Ejektor umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 6, ferner umfassend Speichern von durch den Ejektor und/oder den zweiten Ejektor erzeugtem Unterdruck in einem Unterdruckspeicher.

8. Verfahren für einen Motor, der einen Turbolader mit einem durch eine Turbine angetriebenen Verdichter enthält, umfassend:

unter einer ersten Bedingung Einstellen eines Wastegate-Ventils der Turbine über einen Unterdruckaktuator, wobei Unterdruck von einem in einem Abgasstromweg positionierten Ejektor empfangen wird; und  
unter einer zweiten Bedingung Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuator, wobei Unterdruck von einem Einlasskrümmer des Motors empfangen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die erste Bedingung umfasst, dass der Aufladedruck über einem Schwellwert liegt, und die zweite Bedingung umfasst, dass der Aufladedruck unter dem Schwellwert liegt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, ferner umfassend, wenn der Aufladedruck über dem Schwellwert liegt, Öffnen eines Treibstromsteuerventils im Abgasstromweg, um Unterdruck vom Ejektor zu erzeugen.

11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die erste Bedingung umfasst, dass der Einlasskrümmerunterdruck unter einem Schwellwert liegt, und die zweite Bedingung umfasst, dass der Einlasskrümmerunterdruck über dem Schwellwert liegt.

12. Verfahren nach Anspruch 8, ferner umfassend Einstellen des Aufladedrucks durch Einstellen eines Lüftungsventils, das in einer eine Strömungskopplung zwischen dem Ejektor und einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters herstellenden Lüftungsleitung positioniert ist.

13. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuator mit vom Einlasskrümmer des Motors empfangenem Unterdruck ferner Einstellen des Wastegate-Ventils über den Unterdruckaktuator mit von einem

zweiten Ejektor, der über eine Drossel positioniert ist, empfangenem Unterdruck umfasst.

14. System für einen Motor, umfassend:  
einen Verdichter, der in einem Einlass des Motors positioniert und mit einer in einem Auslass des Motors positionierten Turbine gekoppelt ist;  
einen Ejektor, der in einem Abgasstromweg positioniert ist;  
ein durch einen Unterdruckaktuator betätigtes Wastegate-Ventil der Turbine; und  
einen den Ejektor mit dem Unterdruckaktuator koppelnden Unterdruckkanal.

15. System nach Anspruch 14, wobei ein Einlass des Ejektors im Auslass stromaufwärts der Turbine positioniert ist und ein Auslass des Ejektors im Auslass stromabwärts der Turbine positioniert ist.

16. System nach Anspruch 14, wobei ein Einlass des Ejektors im Auslass stromaufwärts der Turbine positioniert ist und ein Auslass des Ejektors im Einlass stromaufwärts des Verdichters positioniert ist.

17. System nach Anspruch 14, ferner umfassend eine Lüftungsleitung, die den Unterdruckkanal mit einem Einlasskanal stromaufwärts des Verdichters koppelt.

18. System nach Anspruch 17, ferner umfassend ein in der Lüftungsleitung positioniertes Lüftungsventil und eine Steuerung, die Anweisungen zur Einstellung des Lüftungsventils basierend auf dem Sollaufladedruck enthält.

19. System nach Anspruch 14, ferner umfassend einen zweiten Ejektor, der über eine Drossel positioniert ist und mit dem Unterdruckkanal strömungskoppelt ist.

20. System nach Anspruch 14, ferner umfassend einen dritten Ejektor, der über den Verdichter positioniert ist und mit dem Unterdruckkanal strömungskoppelt ist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

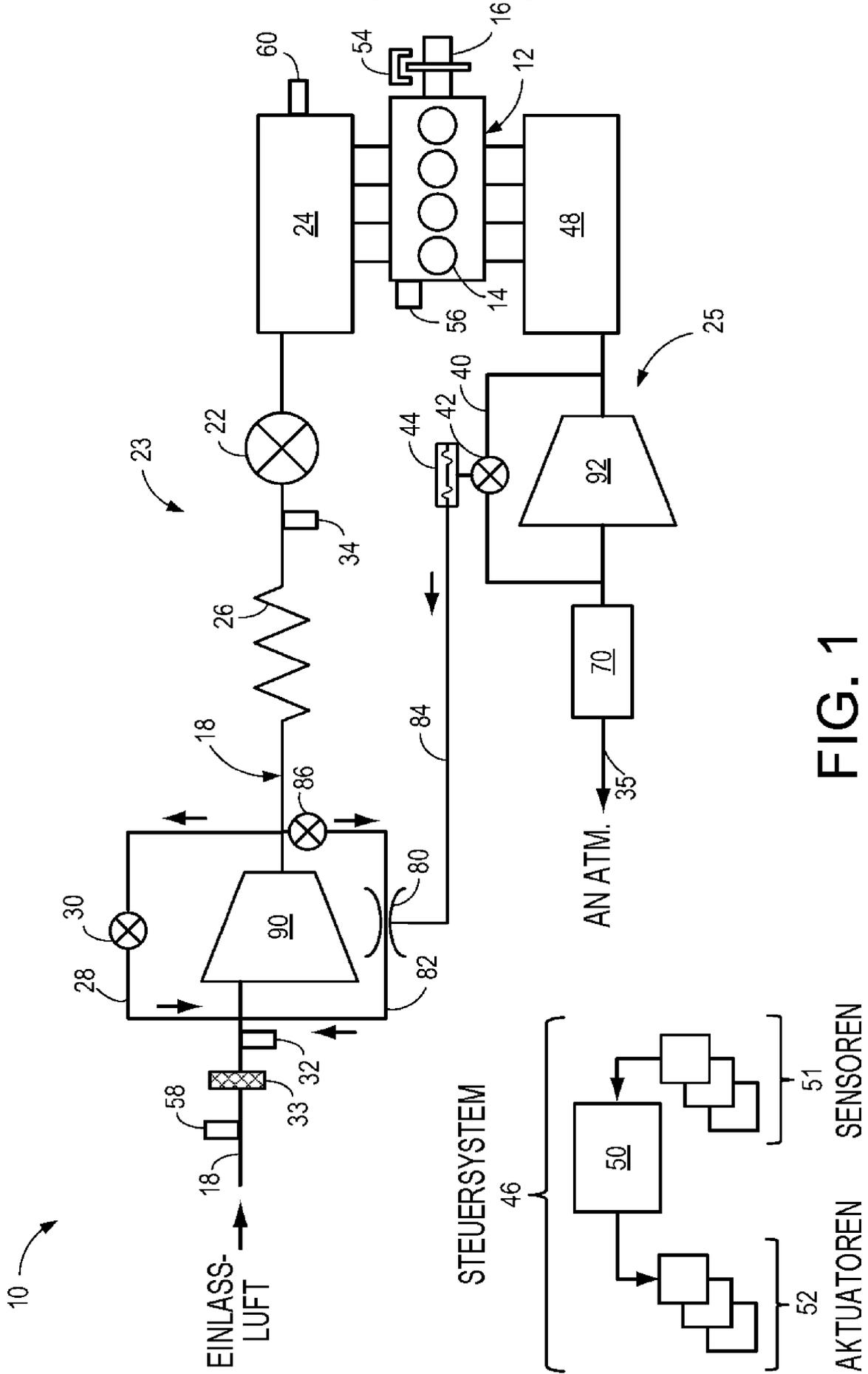


FIG. 1

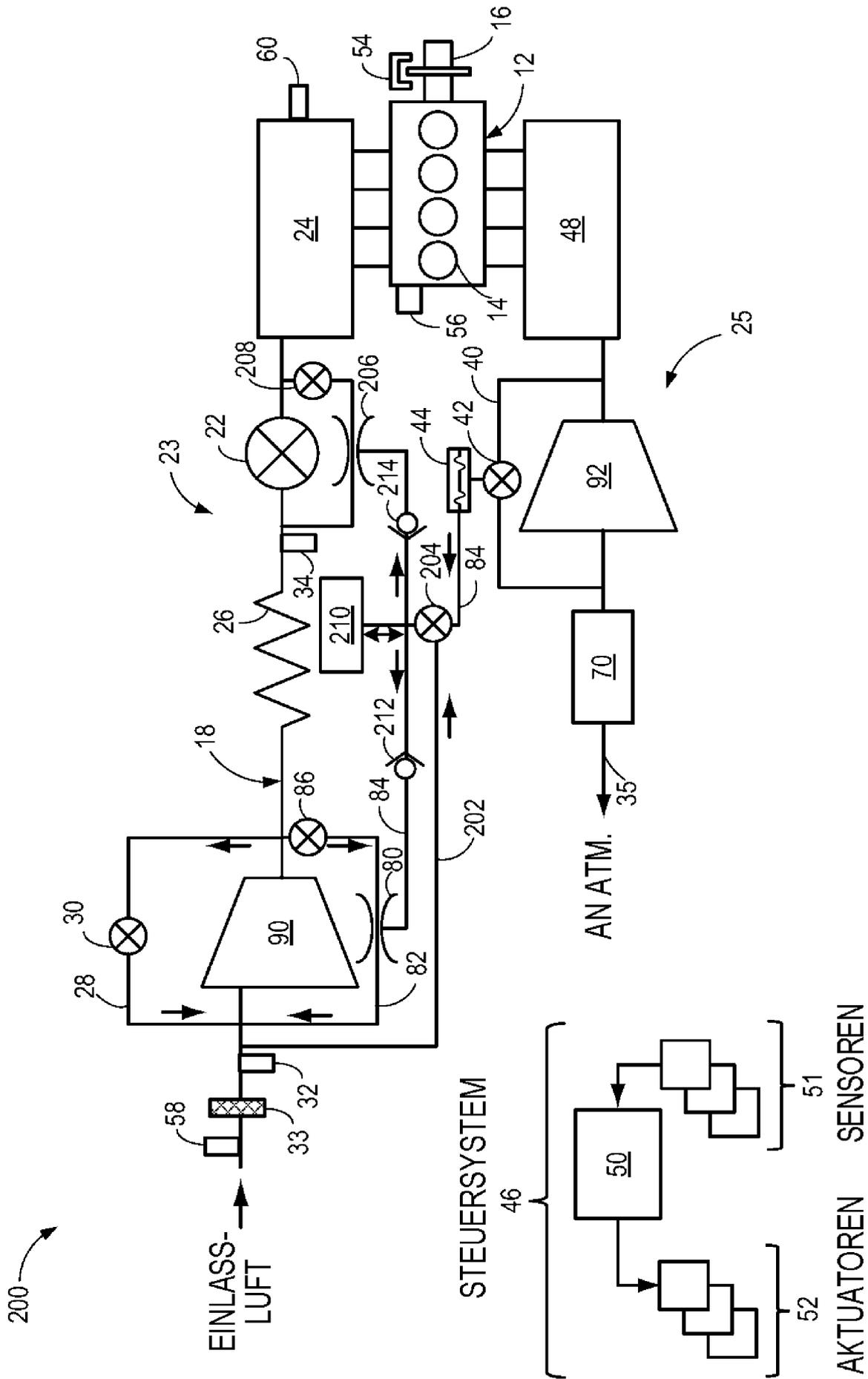


FIG. 2

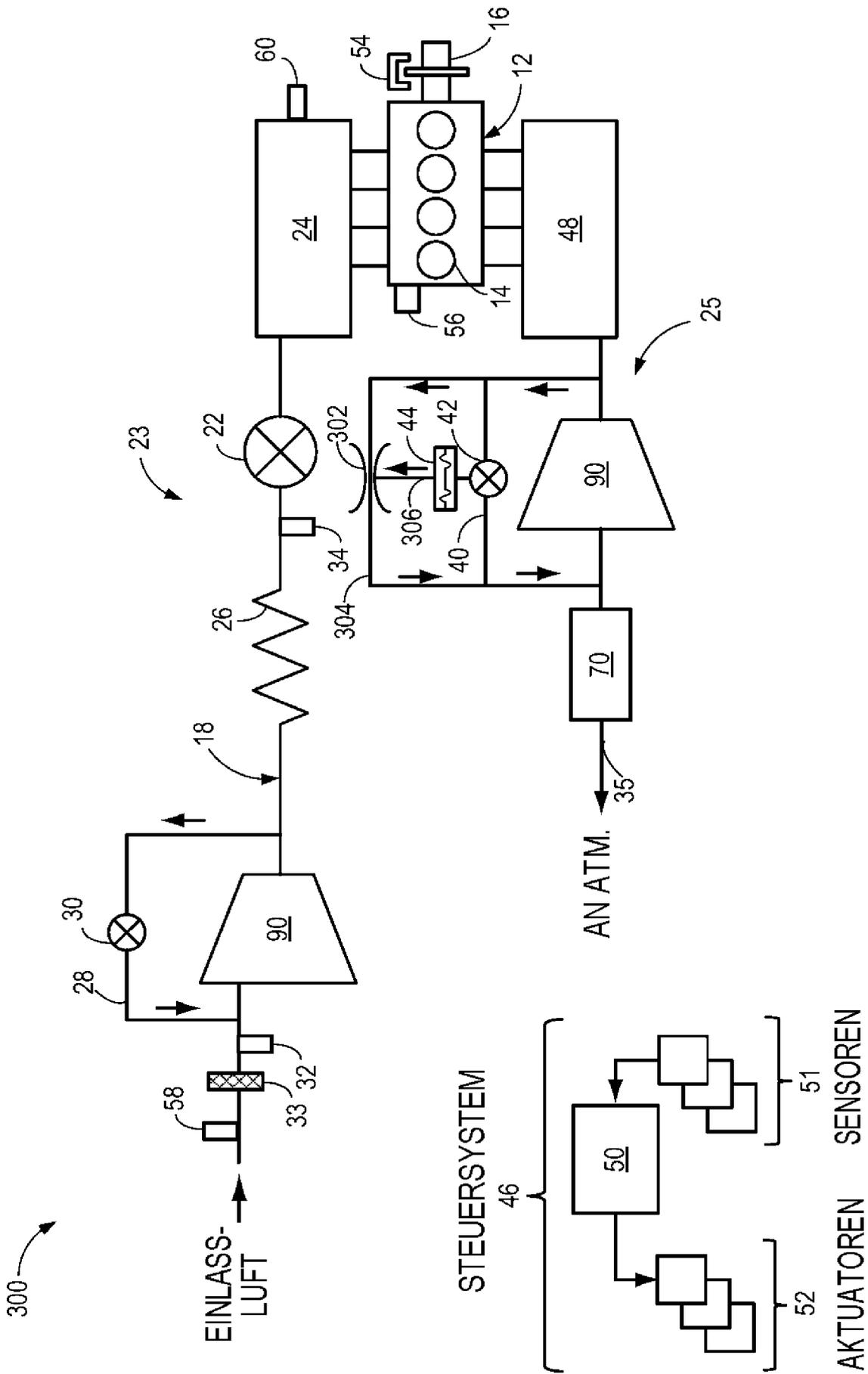


FIG. 3

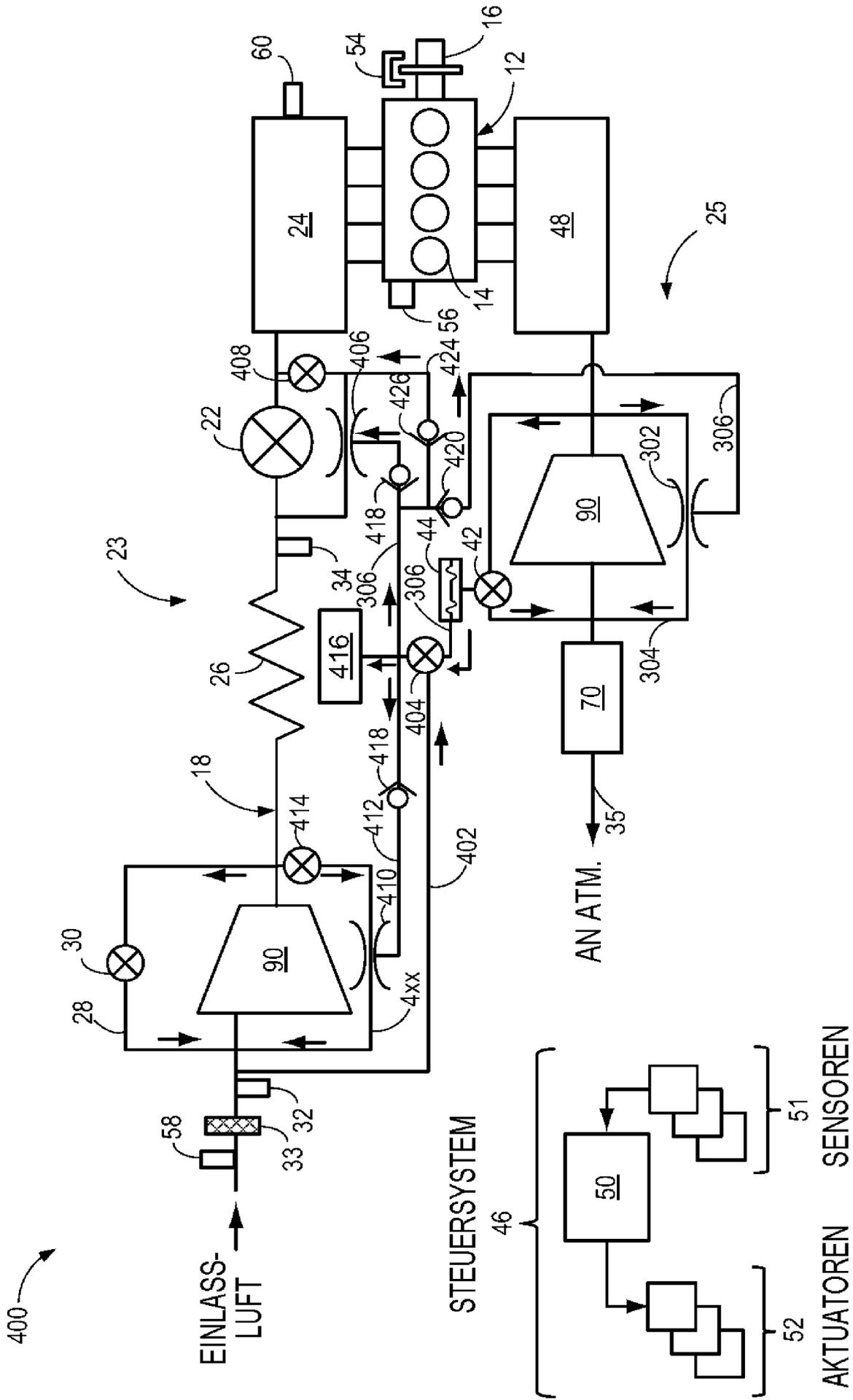


FIG. 4

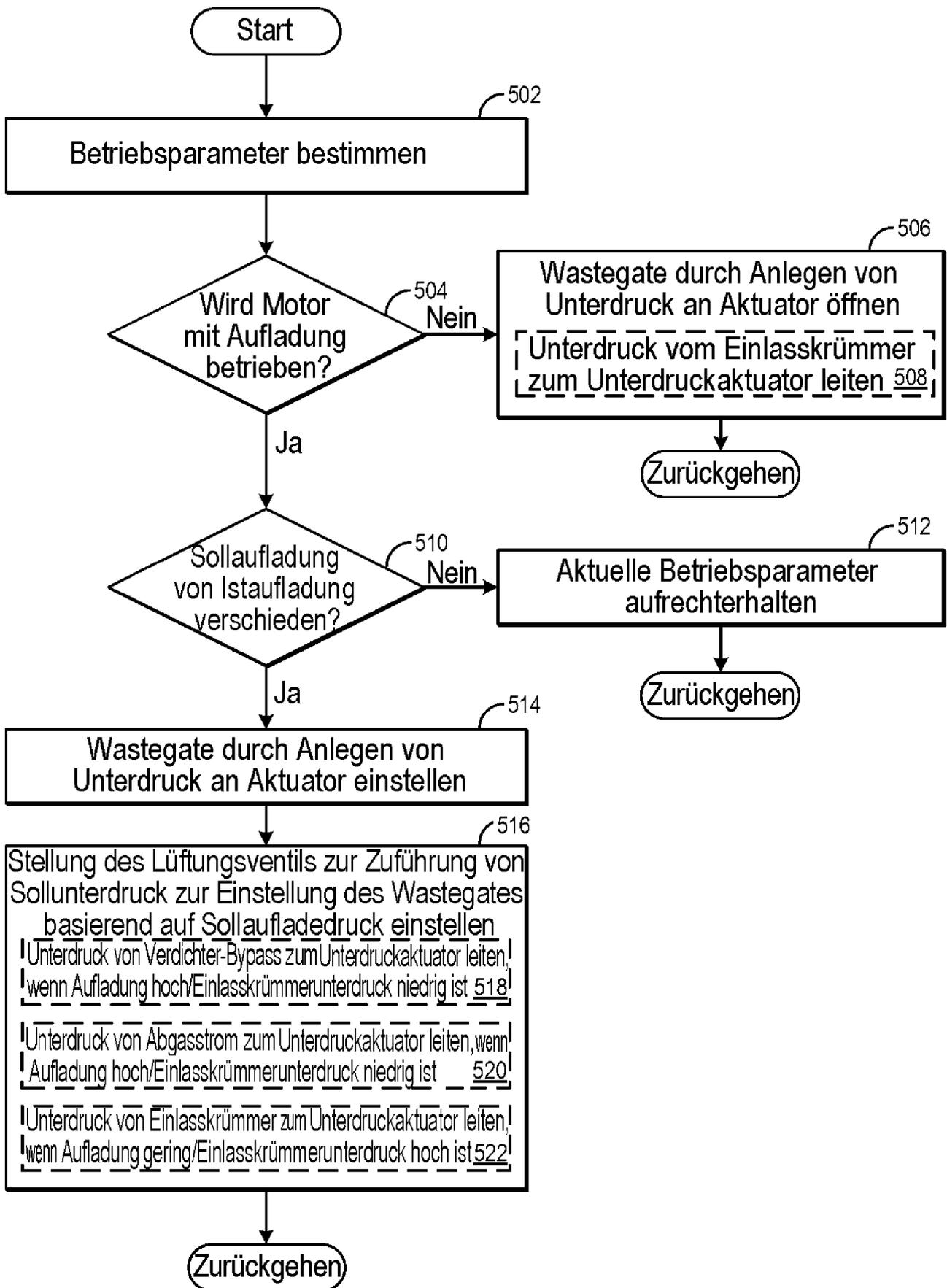


FIG. 5

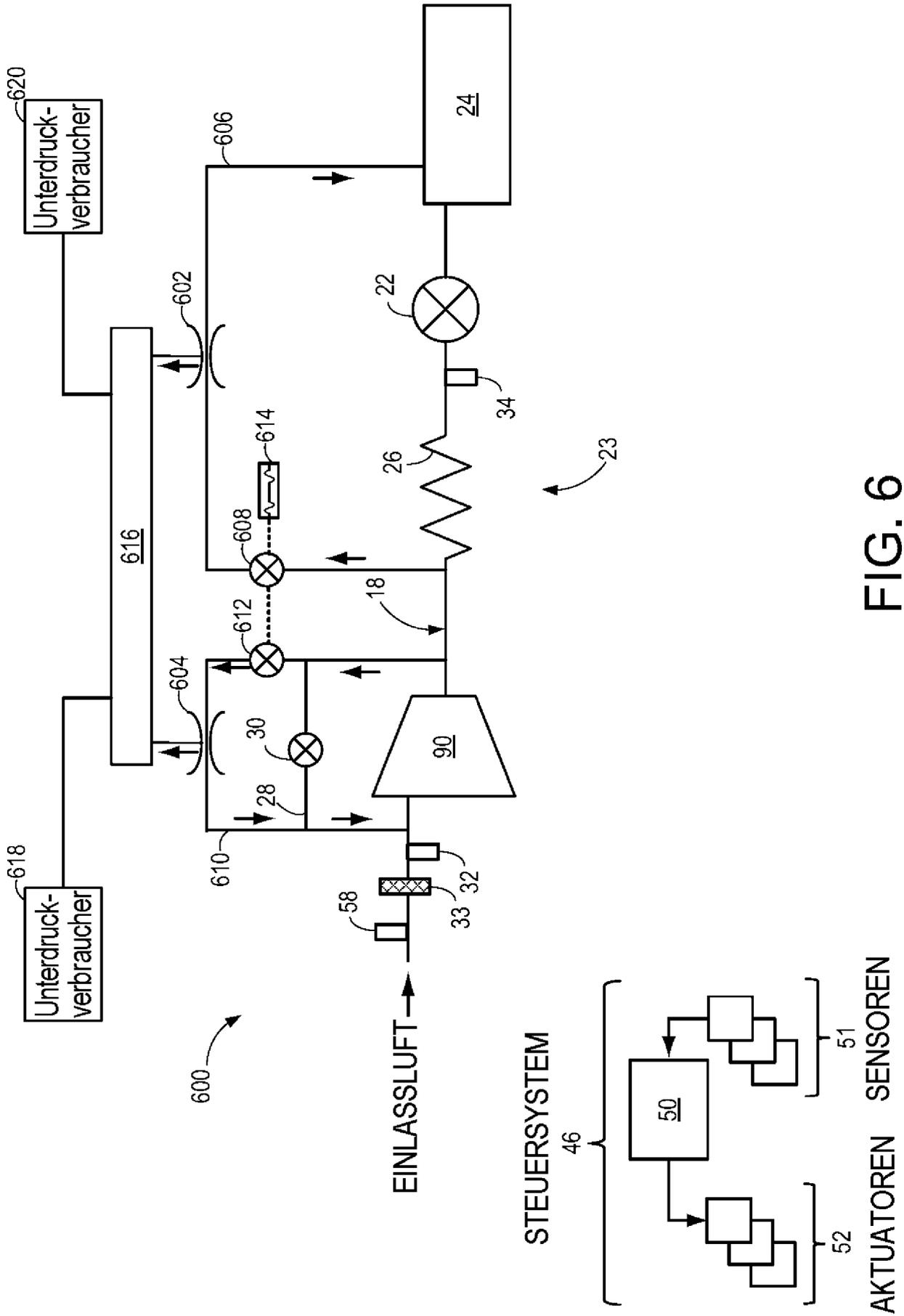


FIG. 6

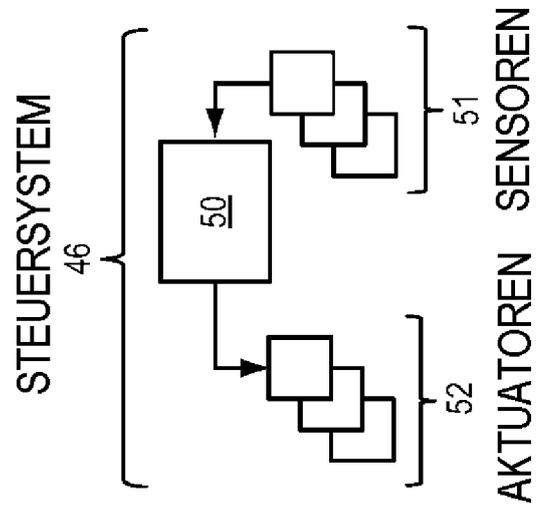
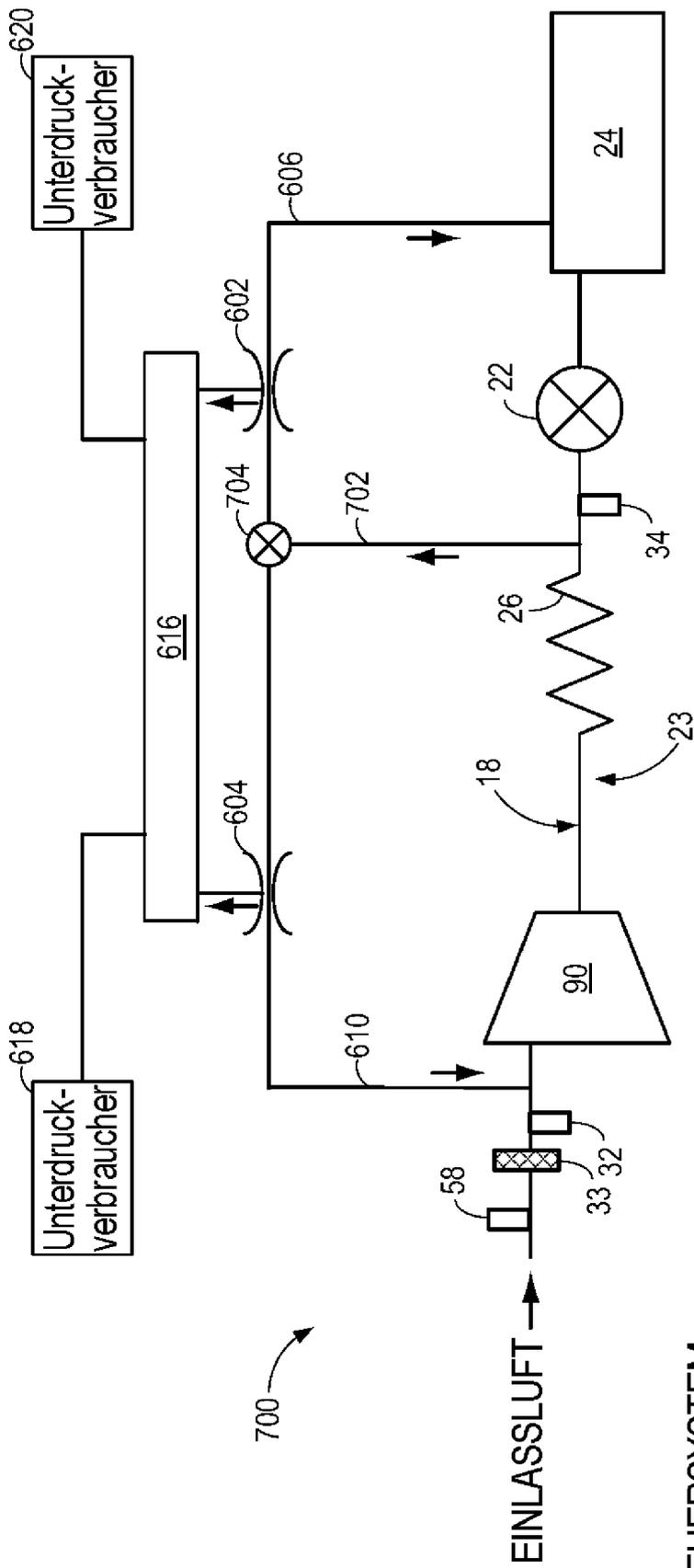


FIG. 7

800

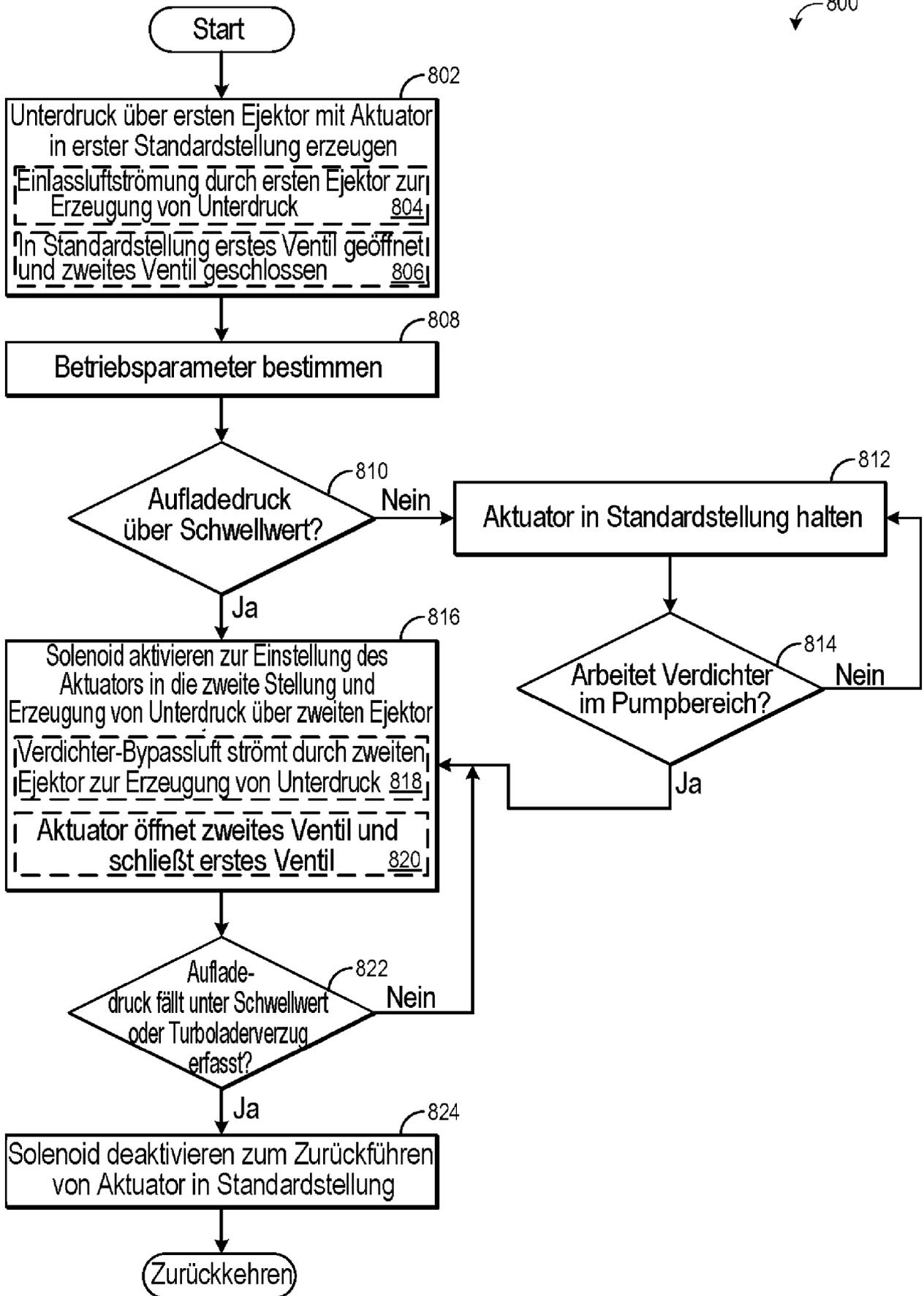


FIG. 8

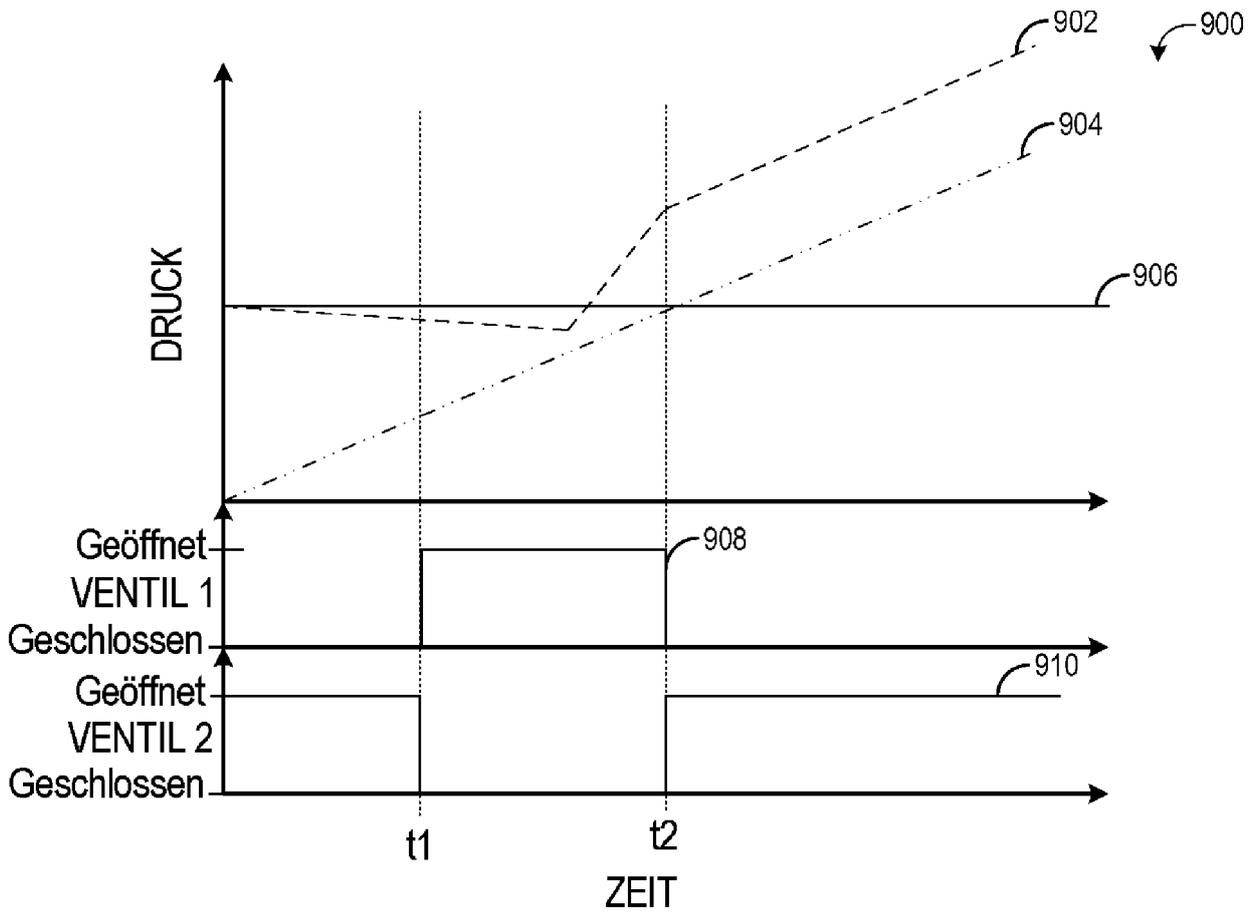


FIG. 9

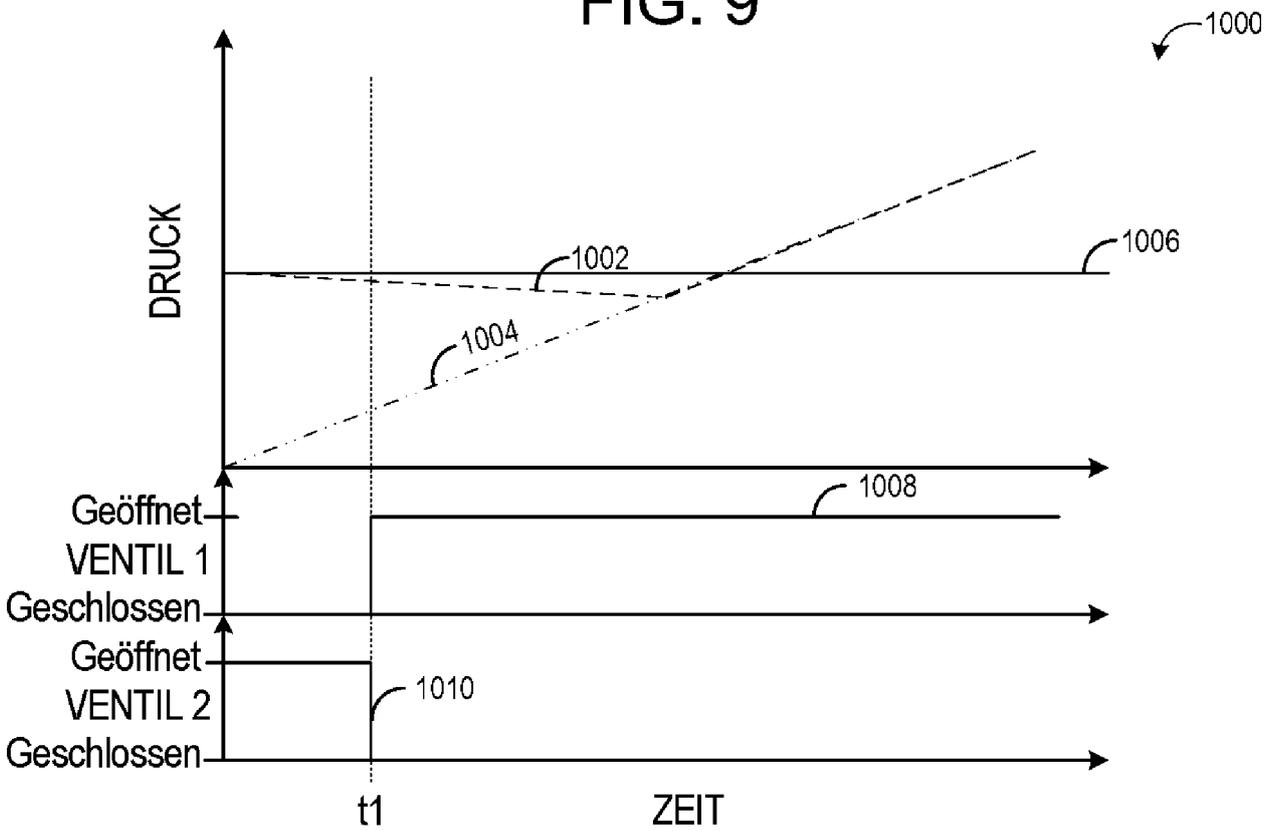


FIG. 10